



TESIS - TI 142307

**PENGENDALIAN DAN PERBAIKAN KUALITAS  
PROSES PRINTING KEMASAN PRODUK  
MENGUNAKAN INTEGRASI FMEA-TRIZ**

SHERVA RAFSANJANI  
02411550012004

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Ir. MOSES L. SINGGIH, M. Sc., MRegSc., Ph.D, IPU

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN KUALITAS DAN MANUFAKTUR  
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVEMBER  
SURABAYA  
2018

(halaman ini sengaja dikosongkan)



THESIS - TI142307

***QUALITY CONTROL AND IMPROVEMENT FOR  
PRINTING PROCESS OF THE PRODUCT PACKAGE USING  
INTEGRATION OF FMEA-TRIZ***

SHERVA RAFSANJANI  
02411550012004

SUPERVISOR  
Prof. Ir. MOSES L. SINGGIH, M. Sc., MRegSc, Ph.D, IPU

MASTER PROGRAM  
MANUFACTURE AND QUALITY MANAGEMENT  
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018









**PENGENDALIAN DAN PERBAIKAN KUALITAS PROSES PRINTING KEMASAN  
PRODUK MENGGUNAKAN INTEGRASI FMEA-TRIZ**

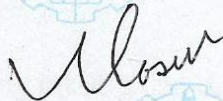
Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
**Magister Teknik (MT)**  
di  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**

Oleh :

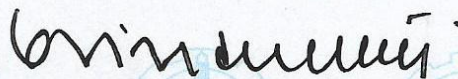
**SHERVA RAFSANJANI**  
**NRP. 02411550012004**

**Tanggal Ujian : 15 Januari 2018**  
**Periode Wisuda : Maret 2018**

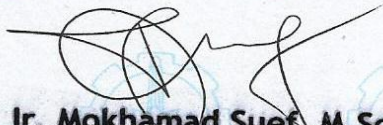
Disetujui oleh :



1. **Prof. Ir. Moses L. Singgih. M.Sc, MRegSc, Ph.D., IPU** (Pembimbing)  
**NIP. 19590817 198703 1 002**



2. **Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc** (Penguji I)  
**NIP. 19590318 198701 1 001**



3. **Dr. Ir. Mokhammad Suef, M.Sc(Eng)** (Penguji II)  
**NIP. 19650630 199003 1 002**



**Dekan Fakultas Teknologi Industri,**

**Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, S.T., M.T.**  
**NIP. 19690507 199512 1 001**









*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sherva Rafsanjani  
NRP : 02411550012004  
Program Studi : Magister Teknik Industri – ITS

Menyatakan bahwa tesis dengan judul :

**“PENGENDALIAN DAN PERBAIKAN KUALITAS PROSES PRINTING  
KEMASAN PRODUK MENGGUNAKAN INTEGRASI FMEA-TRIZ”**

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Seluruh referensi yang dikutip dan dirujuk telah saya tulis secara lengkap di daftar pustaka. Apabila dikemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, Januari 2018  
Yang membuat pernyataan,

Sherva Rafsanjani  
NRP. 02411550012004

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **PENGENDALIAN DAN PERBAIKAN KUALITAS PROSES PRINTING KEMASAN PRODUK MENGGUNAKAN INTEGRASI FMEA-TRIZ**

**Nama Mahasiswa : Sherva Rafsanjani**

**NRP : 02411550012004**

**Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Moses L. Singgih, M. Sc., MRegSc., Ph.D, IPU**

## **ABSTRAK**

Kemasan produk telah memainkan peran penting sebagai wadah penyimpanan produk. *Problem* dalam kualitas produk kemasan adalah sering terjadi *defect* yang melebihi target perusahaan dalam proses produksi dan dapat menimbulkan komplain dari *customer*. Cara untuk mereduksi *defect* yang terjadi adalah dengan pengendalian kualitas pada tingkat proses. Penelitian ini menggunakan *Six Sigma* sebagai acuan proses perbaikan dengan menggunakan tahapan alur *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC). Tahap *define* meliputi pendefinisian objek, pembuatan *operation process chart* (OPC), *critical* proses, *critical to quality* (CTQ) serta menentukan prioritas *defect* menggunakan *pareto chart*. Tahap *measure* menggunakan Kapabilitas Proses dan DPMO untuk mengetahui kinerja proses. Tahap *Analyze* digunakan FMEA untuk mendapatkan prioritas penyebab kegagalan produk dalam *critical* proses, kemudian dilakukan integrasi menggunakan TRIZ dalam tahap *improve* untuk mendapatkan rekomendasi perbaikan yang cocok dalam pengembangan *critical* proses. Lalu dilakukan penerapan mekanisme control. Hasil penelitian menunjukkan proses printing merupakan *critical* proses dengan nilai DPMO 18372 serta *critical defect* yaitu *defect* miss print, garis, dan warna. Level Sigma perusahaan berada pada 3,58 sigma dan nilai Kapabilitas proses adalah 1,19. Adapun Hasil FMEA, untuk *miss print* disebabkan komponen *cylinder* yaitu *gear* dan *bearing* tidak presisi, untuk *defect* warna disebabkan komposisi tinta dan *defect* garis disebabkan tinta bagus tercampur tinta. Berdasarkan analisa *contradiction matrix* dan 40 *inventive principle*, rekomendasi perbaikan untuk proses printing dengan *defect* miss print yaitu melakukan pembersihan komponen *gear Box* menggunakan *vacuum cleaner*, bantuan alat *vibration tester* dan penambahan *lock nut*, untuk *Defect* warna melakukan pelatihan takaran viskositas dan strategi pengembangan *supplier*, untuk *defect* garis dengan pemasangan kamera di *station* printing dan pembersihan secara periodik di saluran pompa tinta.

**Kata Kunci:** DMAIC, OPC, *Pareto Chart*, *Six Sigma*, DPMO, FMEA, TRIZ.

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

# ***QUALITY CONTROL AND IMPROVEMENT FOR PRINTING PROCESS OF THE PRODUCT PACKAGE USING INTEGRATION OF FMEA-TRIZ***

**Nama Mahasiswa : Sherva Rafsanjani**

**NRP : 02411550012004**

**Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Moses L. Singgih, M. Sc., MRegSc., Ph.D, IPU**

## ***ABSTRACT***

*Product packaging has played an important role in a storage container product. Problems in the quality of packaging products is often a defect that exceeds the target company in the production process and can cause complaints from customers. A way to reduce defects that occur is the quality control at the level of the process. This research uses the Six Sigma process improvement as a reference using the stages of DMAIC. The step of definition object, include define manufacturing operation process chart, identification of defects, critical process, critical to quality as well as determine priority defects using the pareto chart. Phase measure using the Capability process and DPMO to know the performance of the process. The step of analyzing use FMEA to get priority causes failure of the products in the process, then improve used by integration the method of TRIZ to get suitable recommendations. Then apply the control mechanism. The results showed the process of printing is a critical process with the value of the DPMO 18372 Sigma Level, level sigma for the plant is 1.58 sigma and the capability of the process is 1,19. The results of FMEA, for critical defects miss print caused by the component of the cylinder, imprecision of gear and bearing, for color defects caused by the composition of ink and line defects caused by great mixed dried ink. Based on the analysis of contradiction matrix and 40 inventive principles, recommendations to repair defects miss print that is cleaning component of the gearbox using a vacuum cleaner, help tool vibration tester and the addition of the lock nut, for the colors of Defect apply training to measure the viscosity and the development strategy of the supplier. Line defects adding CCTV in station printing and periodic cleaning of the ink pump.*

**Keywords:** DMAIC, OPC, Pareto Chart, Six Sigma, DPMO, FMEA, TRIZ



*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia, keberkahan dan limpahan rahmat dan kasih sayang-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian tesis ini dengan baik. Laporan tesis ini ditulis dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Program Pascasarjana di Departemen Teknik Industri – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, dengan judul “Pengendalian dan Perbaikan Printing Kemasan Produk Menggunakan Integrasi FMEA-TRIZ”.

Pada kesempatan ini, penulis juga mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan laporan penelitian tesis ini. Adapun pihak-pihak tersebut adalah sebagai berikut :

1. Bapak Prof. Ir. Moses L. Singgih. M.Sc., MRegSc., Ph.D., IPU selaku dosen pembimbing dalam melaksanakan penelitian tesis ini sekaligus dosen wali selama penulis melaksanakan studi di Program Pascasarjana Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M. Eng.Sc dan Bapak Dr. Ir. Mokhamad Suef, M.Sc(Eng) selaku tim dosen penguji, atas koreksi, saran dan masukan dalam pengerjaan tesis ini.
3. Bapak Erwin Widodo, ST, M.Eng., Dr.Eng., selaku Ketua Program Pascasarjana Teknik Industri dan jajaran dosen di Program Pascasarjana Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.
4. Kedua orang tua dan adik penulis yang telah memberikan dukungan semangat dan doa dalam penyelesaian tesis ini.
5. Rekan – rekan perkuliahan di Program Pascasarjana Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dari berbagai angkatan, atas dukungan ilmu, diskusi, dan semangat yang diberikan.
6. Bapak Budi Kurniawan, Bapak Helga dan Bapak Sholeh selaku pembimbing di perusahaan yang telah membantu melancarkan proses pengambilan data dan observasi lapangan.

7. Semua pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas segala dukungan dan bantuan serta motivasi yang diberikan sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis telah berusaha mengerjakan tesis ini dengan sebaik-baiknya. Namun demikian, penulis menyadari bahwa masih terdapat keterbatasan dalam penulisan tesis ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan penelitian tesis ini dapat dikembangkan menjadi lebih baik pada penelitian selanjutnya. Akhir kata, penulis mengharapkan laporan tesis ini dapat bermanfaat untuk seluruh pihak di kemudian hari.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Ruang Lingkup Penelitian .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
1.6 Sistematika Penulisan .....	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1 Kemasan Produk .....	9
2.1.1 Definisi Kemasan .....	9
2.1.2 Peranan Kemasan .....	10
2.1.3 Fungsi Kemasan .....	11
2.2 <i>Six Sigma</i> .....	11
2.2.1 Konsep <i>Six Sigma</i> .....	12
2.2.2 Manfaat <i>Six Sigma</i> .....	12
2.2.3 Tahap-tahap Pengendalian Kualitas dengan <i>Six Sigma</i> .....	14
2.3 <i>Operation Process Chart</i> .....	19
2.4 <i>Critical To Quality (CTQ)</i> .....	25
2.5 Diagram Pareto ( <i>Pareto Chart</i> ).....	25
2.6 Indeks Kapabilitas Proses (Cp) .....	27
2.7 <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i> .....	27

2.7.1 Langkah-Langkah Pembuatan FMEA .....	29
2.7.2 Tujuan <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) .....	29
2.7.3 Nilai <i>Risk Priority Number</i> (RPN) .....	30
2.8 <i>Theory of Inventive Problem Solving</i> (TRIZ) .....	33
2.8.1 <i>Contradiction</i> .....	34
2.8.2 Prosedur Penggunaan TRIZ .....	34
2.9 Gap dan Posisi Penelitian .....	35
2.9.1 Gap Penelitian .....	35
2.9.2 Posisi Penelitian .....	39
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	45
3.1 Alur Penelitian.....	45
3.2 Tahap Identifikasi Awal .....	47
3.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	47
3.3.1 <i>Operational Process Chart</i> (OPC) .....	48
3.3.2 <i>Critical To Quality</i> (CTQ) .....	49
3.3.3 <i>Pareto Chart</i> (Diagram Pareto) .....	51
3.3.4 DPMO, <i>Level Sigma</i> dan Kapabilitas Proses .....	51
3.3.5 <i>Failure Mode Effect Analysis</i> (FMEA) .....	52
3.3.6 <i>Theory of Inventif Problem Solving</i> (TRIZ) .....	53
3.3.7 Mekanisme Sistem Control pada <i>Critical</i> Proses .....	54
3.4 Analisa dan Pembahasan .....	54
3.5 Kesimpulan dan Saran .....	55
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	57
4.1 <i>Define</i> .....	57
4.1.1 Pendefinisian Objek Amatan.....	57
4.1.2 <i>Operation Process Chart</i> (OPC) .....	63
4.1.3 Identifikasi CTQ ( <i>Critical to Quality</i> ).....	71
4.1.4 Identifikasi <i>Defect</i> yang Berpengaruh Terhadap Kualitas Produk .....	73
4.1.5 Penentuan <i>Defect</i> yang Akan Diteliti dengan Diagram Pareto .....	70
4.2 <i>Measure</i> .....	82
4.2.1 Pengukuran Tingkat Kinerja Proses .....	82
4.2.2 Penentuan Kapabilitas Proses .....	83

4.3 <i>Analyze</i> .....	84
4.3.1 <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i> .....	84
4.4 <i>Improve</i> .....	101
4.4.1 Kontradiksi-Kontradiksi Cacat .....	101
4.4.1.1 Kontradiksi-Kontradiksi Cacat <i>Miss Print</i> .....	102
4.4.1.2 Kontradiksi-Kontradiksi Cacat Warna .....	106
4.4.1.3 Kontradiksi-Kontradiksi Cacat Garis .....	107
4.4.2 <i>Contradiction Matrix</i> Untuk Masing-Masing Jenis <i>Defect</i> .....	109
4.4.2.1 <i>Contradiction Matrix</i> Untuk Cacat <i>Miss Print</i> .....	110
4.4.2.2 <i>Contradiction Matrix</i> Untuk Cacat Warna .....	114
4.4.2.3 <i>Contradiction Matrix</i> Untuk Cacat Garis .....	119
4.5 Mekanisme Kontrol .....	122
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	125
5.1 Analisis dan Pembahasan Tahap <i>Define</i> .....	125
5.2 Analisis dan Pembahasan Tahap <i>Measure</i> .....	126
5.3 Analisis dan Pembahasan Tahap <i>Analyze</i> .....	127
5.4 Analisis dan Pembahasan Tahap <i>Improve</i> .....	130
BAB 6 KESIMPULAN .....	133
5.1 Kesimpulan .....	133
5.2 Saran.....	134
DAFTAR PUSTAKA	

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Contoh Produk Kemasan Dengan Sistem <i>Mass Customization</i> .....	2
Gambar 2.1 Lambang Operasi.....	19
Gambar 2.2 Lambang Pemeriksaan .....	20
Gambar 2.3 Lambang Aktivitas Gabungan .....	20
Gambar 2.4 Lambang Penyimpangan .....	20
Gambar 2.5 Sketsa Peta Proses Operasi (OPC) .....	21
Gambar 2.6 Contoh Diagram Pareto .....	24
Gambar 2.7 Contoh FMEA .....	30
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....	41
Gambar 3.2 Penggambaran Alur Konsep Penelitian .....	43
Gambar 4.1 Sketsa Unit Pencetakan Mesin <i>Printing</i> .....	51
Gambar 4.2 Mesin <i>Rotogravure</i> Yang Dilengkapi Peralatan Bantu Khusus .....	53
Gambar 4.3 Diagram Unit Pencetakan Mesin <i>Printing Rotogravure</i> 8 warna ...	55
Gambar 4.4 Diagram Struktur Unit Mesin <i>Rotogravure</i> .....	55
Gambar 4.5 Proses <i>Printing</i> .....	56
Gambar 4.6 Proses <i>Rewinding</i> .....	58
Gambar 4.7 Proses Laminasi Dengan Masing-Masing Jenis Mesin .....	58
Gambar 4.8 Proses <i>Slitting</i> .....	59
Gambar 4.9 Skema Proses <i>Slitting</i> .....	60
Gambar 4.10 Proses <i>Bag Making</i> .....	61
Gambar 4.11 <i>Operation Process Chart</i> Kemasan Produk .....	63
Gambar 4.12 Cacat <i>Miss Print</i> Kemasan Produk .....	67
Gambar 4.13 Cacat Garis Kemasan Produk .....	68
Gambar 4.14 Cacat Bercak Tinta Kemasan Produk .....	68
Gambar 4.15 Cacat Blobor Kemasan Produk .....	69
Gambar 4.16 Cacat Warna Kemasan Produk .....	70
Gambar 4.17 Cacat <i>Blocking</i> Kemasan Produk .....	70
Gambar 4.18 Cacat Bintik Kemasan Produk .....	71
Gambar 4.19 Cacat Tinta Kering Kemasan Produk .....	71

Gambar 4.20 Cacat <i>Blusseing</i> Kemasan Produk .....	72
Gambar 4.21 Cacat <i>Mottling</i> Kemasan Produk .....	72
Gambar 4.22 Diagram Pareto jumlah <i>defect</i> pada proses printing .....	74
Gambar 4.23 Tinta Yang Tercampur Partikel Kotoran .....	92
Gambar 4.24 Contoh Bentuk Alat <i>Vibration Tester</i> .....	105
Gambar 4.25 Letak Pemberian <i>Lock Nut</i> pada Komponen <i>Gear Box</i> .....	106
Gambar 4.26 Letak Pemberian <i>Lock Nut</i> pada Komponen <i>Gear Box</i> (2) .....	106
Gambar 4.27 Ilustrasi Strategi Pengembangan <i>Supplier</i> .....	108
Gambar 4.28 Penempatan Posisi CCTV untuk Mempermudah Monitoring Hasil Cetak .....	113

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Komplain (Product Return) dari costumer .....	3
Tabel 1.2 Data Jumlah Kasus Ditinjau dari Proses Produksi .....	4
Tabel 2.1 Nilai <i>Severity</i> .....	30
Tabel 2.2 Nilai <i>Occurance</i> .....	31
Tabel 2.3 Nilai <i>Detection</i> .....	32
Tabel 2.4 Posisi Penelitian Terhadap Penelitian Sebelumnya.....	43
Tabel 3.1 Kerangka Tabel Perhitungan Kapabilitas Sigma dan DPMO.....	52
Tabel 3.2 Bentuk Tabel <i>Failure Modes and Effect Analysis</i> (FMEA).....	53
Tabel 3.3 Bentuk Tabel Perencanaan Mekanisme Control.....	54
Tabel 4.1 CTQ Kemasan Produk.....	71
Tabel 4.2 Jumlah <i>Defect</i> Kemasan Produk yang Berpengaruh pada Periode Januari-September 2017 .....	80
Tabel 4.3 Skala <i>Severity</i> (S) .....	86
Tabel 4.4 Skala <i>Severity</i> (S)(lanjutan) .....	87
Tabel 4.5 Skala <i>Occurance</i> (O) .....	87
Tabel 4.6 Skala <i>Occurance</i> (lanjutan) .....	88
Tabel 4.7 Skala <i>Detection</i> (D).....	89
Tabel 4.8 Skala <i>Detection</i> (lanjutan) .....	90
Tabel 4.9 Tabel FMEA untuk <i>Defect Miss Print</i> .....	92
Tabel 4.10 Tabel Lanjutan FMEA untuk <i>Defect Miss Print</i> .....	93
Tabel 4.11 Tabel FMEA untuk <i>Defect</i> Warna .....	94
Tabel 4.12 Tabel FMEA untuk <i>Defect</i> Garis .....	95
Tabel 4.13 Tabel Lanjutan FMEA untuk <i>Defect</i> Garis.....	96
Tabel 4.14 Rekap Nilai RPN Unuk Masing-Masing Jenis Cacat .....	97
Tabel 4.15 Parameter Konflik Permasalahan Cacat <i>Miss Print</i> .....	102
Tabel 4.16 Parameter Konflik Permasalahan Cacat Warna.....	106
Tabel 4.17 Parameter Konflik Permasalahan Cacat Garis.....	108
Tabel 4.18 <i>Contradiction Matrix</i> Cacat <i>Miss Print</i> penyebab <i>Gear</i> pada <i>cylinder</i> Aus .....	110
Tabel 4.19 <i>Contradiction Matrix</i> Cacat <i>Miss Print</i> penyebab Daerah Kasar	

<i>Unengraved</i> Tidak Tercetak .....	110
Tabel 4.20 <i>Contradiction Matrix</i> Cacat <i>Miss Print</i> penyebab <i>Bearing</i> Pada <i>Cylinder</i> tidak Presisi .....	111
Tabel 4.21 <i>Contradiction Matrix</i> Cacat Warna Tidak Standart .....	115
Tabel 4.22 <i>Contradiction Matrix</i> Cacat Garis Besar, Kecil, <i>Double</i> Dan putus .....	120
Tabel 4.23 Mekanisme <i>Control</i> .....	123
Tabel 4.24 Mekanisme <i>Control</i> (lanjutan) .....	124
Tabel 5.1 <i>Critical Defect</i> dalam Proses Printing.....	125
Tabel 5.2 Kapabilitas Sigma dan DPMO pada Eksisting Proses .....	126
Tabel 5.3 Perbandingan eksisting dan target Kapabilitas Proses dan Level Sigma.....	127
Tabel 5.4 Rekap Nilai RPN Tertinggi Untuk Masing-Masing Jenis Cacat .....	128
Tabel 5.5 Rekomendasi berdasarkan TRIZ Untuk Masing-Masing Jenis Cacat	130

(halaman ini sengaja dikosongkan)



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab pendahuluan ini akan diuraikan penjelasan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, identifikasi dan perumusan masalah, tujuan dari pelaksanaan penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi penelitian ini, serta uraian sistematika penulisan laporan pada penelitian ini.

### **1.1 Latar Belakang**

Saat ini kemasan produk telah memainkan peran penting sebagai wadah penyimpanan produk. Adanya wadah atau pembungkus dapat membantu mencegah kerusakan dan melindungi produk yang ada di dalamnya dari bahaya pencemaran serta gangguan fisik (gesekan, benturan, getaran). Hampir semua barang yang diproduksi atau diproses memerlukan kemasan dalam memfasilitasi penyimpanan produk dan melindungi isi produk agar tetap terjaga kualitasnya (Lamb et al., 2004).

PT X merupakan salah satu pabrik yang bergerak dibidang industri Monosodium Glutamate (MSG) atau penyedap rasa. PT X juga menjadi salah satu pemain besar dalam industri kemasan atau bungkus produk untuk melayani industri makanan dan minuman dari *customer* perusahaan lain. Untuk membuat kemasan produk terdiri dari beberapa proses yaitu yang pertama adalah proses *printing* bahan baku menggunakan mesin *printing*. Hasil cetakan apabila terdapat kerusakan (*hold*) yang dapat menimbulkan cacat atribut pada produk misalnya gulungan tidak sempurna atau ada cetakan yang warnanya keluar /melenceng dari gambar maka akan dilakukan proses *Rewinding*. Kemasan yang rusak di buang melalui proses seleksi dan diganti dengan baru yang kemudian di *Rewinding*. Hasil cetakan apabila tidak terdapat kerusakan pada kemasan atau gulungan maka akan diproses selanjutnya ke mesin *laminating* setelah itu akan diproses ke mesin *slitting* atau mesin *bag making* (sesuai dengan model pesanan kemasan) untuk diproses menjadi barang jadi.

Dalam melayani *customer* perusahaan lain, PT X termasuk perusahaan yang menggunakan sistem *Make to Order* dengan produksi *mass customization*. Dalam



penelitian ini, objek yang diamati berada pada Divisi *Printing*. Divisi *Printing* bertugas membuat produk-produk kemasan kantong plastik pesanan dari *customer* perusahaan lain maupun produk asli buatan pabrik PT X. Berikut dibawah ini merupakan salah satu contoh produk kemasan perusahaan yang menganut sistem *mass customization*.



Gambar 1.1 Contoh Produk Kemasan Dengan Sistem *Mass Customization*  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Produk-produk yang dihasilkan biasanya berupa kemasan dalam bentuk kantong dengan berbagai ukuran dan bentuk. Salah satu hambatan yang harus dihadapi adalah sering terjadi kesalahan dalam proses produksi kemasan yang mengakibatkan terjadinya *defect* pada produk kemasan tersebut. Pengawasan terhadap *defect* yang terjadi di kemasan produk di divisi *printing* menjadi tanggung jawab departemen *Quality Control* yang dibedakan menjadi 2 tahap yaitu *Quality Control (QC) Internal* dan *Quality Control (QC) eksternal*. *QC internal* bertugas dalam hal memonitoring keadaan kualitas produk internal pabrik dan menangani komplain kemasan dari internal perusahaan (produk PT X dan produk anak perusahaan PT X) sedangkan *QC eksternal* bertugas menangani komplain produk dari *customer* (perusahaan lain).

Berdasarkan data di lapangan, prosentase kemasan cacat (*defect*) selalu melebihi batas maksimal target *defect* yang telah ditetapkan oleh perusahaan sehingga hasil produksi kemasan yang lulus tahap QC menurun. Karena kemasan produk yang mengalami *defect* akan dikembalikan pada proses awal (*reprocess*)

untuk di *recycle material* ataupun dibuang tergantung berdasarkan bahan baku material yang digunakan. Dampak lainnya jika kemasan produk sampai ke tangan *customer* (perusahaan lain) adalah menimbulkan komplain dari *customer* karena produk tidak sesuai dengan spesifikasi pesanan dan berdampak akan menurunkan citra perusahaan.

Produk kemasan hasil komplain (*product return*) dari pihak *customer* akan dicatat dan direkap perbulan sesuai dengan data produksi kemasan tersebut. Berikut ini merupakan data komplain (*return*) dari *customer* (perusahaan lain) pada periode bulan Januari sampai dengan September 2017 yang ditunjukkan pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Data Komplain (*Product Return*) dari *Customer*

No	Bulan	kasus	2017			Target (kg)
			<i>Product Return (kg)</i>	<i>Finish Good (kg)</i>	%	
1	Januari	52	7.018,72	374.170,84	1,88%	5.311,00
2	Februari	47	4.193,11	291.004,41	1,44%	5.311,00
3	Maret	73	6.860,05	306.719,84	2,24%	5.311,00
4	April	70	4.777,60	410.062,22	1,17%	5.311,00
5	Mei	79	10.809,31	404.506,84	2,67%	5.311,00
6	Juni	40	2640,58	314.178,04	0,84%	5.311,00
7	Juli	71	5376,83	351.804,12	1,53%	3.125,00
8	Agustus	56	7782,45	369.117,96	2,11%	3.125,00
9	September	79	9411,90	382.969,00	2,46%	3.125,00
10	JUMLAH	567	58.870,55	3.204.533,27	16,33%	
11	RATA-RATA PERBULAN	63	6.541,17	356.059,25	1,81%	
12	TARGET PERBULAN	60	5.311,00		1,00%	

Sumber : Laporan Quality Control Departemen Printing

Dalam Tabel 1.1 diatas diketahui bahwa rata-rata *product return* yang terjadi selama periode bulan Januari sampai September 2017 telah melebihi target yang telah ditetapkan oleh pihak perusahaan. Dengan rata-rata *product return* tersebut maka perusahaan perlu mereduksi *defect* terhadap kemasan produk yang terjadi untuk mencapai sistem produksi yang baik sehingga *output* yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi dan komplain pun dapat berkurang. Kasus pada *product return* diakibatkan oleh cacat-catat yang tidak terkontrol pada masing-masing proses

produksi. Berikut ini merupakan data kasus jumlah cacat kemasan produk untuk masing-masing proses produksi kemasan produk pada periode bulan januari sampai dengan September 2017 yang ditunjukkan pada Tabel 1.2

Tabel 1.2 Data Jumlah Kasus Ditinjau Dari Proses Produksi

No	Bulan	Jumlah kasus ditinjau dari Proses			
		Printing	Lamination	Slitting	Bag Making
1	Januari	24	16	8	0
2	Februari	14	10	12	0
3	Maret	26	15	17	6
4	April	23	20	20	5
5	Mei	14	44	15	2
6	Juni	13	14	9	2
7	Juli	22	17	10	0
8	Agustus	21	9	14	0
9	September	19	23	15	0
<b>Total Kasus</b>		<b>176</b>	168	120	15

Sumber : Laporan Quality Control Departemen Printing

Berdasarkan Tabel 1.2 diatas dapat dilihat bahwa prioritas permasalahan tentang banyaknya kasus *defect* terdapat pada proses *printing* dengan total kasus sebanyak 176 kasus. Sehingga permasalahan utama terdapat pada proses printing yang berkaitan dengan banyaknya kasus *defect* yang terjadi pada saat proses printing berlangsung untuk pembuatan kemasan produk. Berkaitan dengan permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan terutama di proses *printing*, maka cara untuk mereduksi *defect* yang terjadi adalah dengan perbaikan dan pengendalian kualitas. Karena untuk melakukan perbaikan terus-menerus terhadap kualitas produk, elemen proses produksi merupakan salah satu aspek yang harus diperhatikan. Pengukuran kinerja produksi yang tepat merupakan faktor utama kesuksesan proses produksi. Faktor yang sangat penting dan menentukan sukses atau tidaknya suatu usaha adalah kualitas (*quality*), keandalan (*reliability*), harga (*cost*) dan pengiriman (*delivery*). Dari keempat faktor tersebut, kualitas adalah faktor yang paling penting (Oakland, 1993). Ketika suatu perusahaan fokus terhadap kualitas akan terjadi peningkatan kinerja. Kualitas juga memiliki peranan

yang besar dalam menentukan reputasi suatu perusahaan ketika suatu perusahaan dikenal dengan reputasi kualitas produk yang baik atau buruk.

Diharapkan dengan adanya perbaikan dan pengendalian kualitas maka dapat mengurangi *defect* yang terjadi di dalam proses printing. Oleh karena itu perlu dilakukan proses pengendalian kualitas proses printing dalam hal ini menekankan pada *defect* yang terjadi pada saat proses printing kemasan produk, sehingga perusahaan dapat mengantisipasi adanya cacat produk dengan melakukan langkah-langkah perbaikan untuk produksi berikutnya.

Berbagai jenis metode dikembangkan oleh perusahaan untuk menghasilkan produk dengan mutu yang lebih baik. Salah satunya menggunakan *Six Sigma* sebagai salah satu usaha pengendalian dan perbaikan kualitas yang diciptakan oleh *Motorola Company* yang menekankan pada perbaikan proses untuk tujuan mengurangi variabilitas dan membuat perbaikan umum. *Six Sigma* juga merupakan proses dari semua perbaikan yang bersifat berkelanjutan, seperti kerusakan yang terus ada disetiap periodenya. Proses perbaikan kualitas *Six Sigma* meliputi tahapan alur *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* atau (DMAIC). Dimana dalam tahap *Control* diterapkan Mekanisme Kontrol yang digunakan sebagai bentuk pengaplikasian yang didapat dari usulan TRIZ yang biasanya digunakan sebagai metode untuk pengembangan suatu produk, dapat terealisasi dalam pengembangan proses pada proses yang mengalami *critical* proses untuk memudahkan mendeteksi *problem* dalam hal ini adalah proses untuk meminimalisir *defect* produk.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana mereduksi *defect* yang terjadi dalam kemasan produk pada proses produksi yang mengalami *defect* kritis yaitu proses printing dengan melakukan pengendalian kualitas dalam penerapan *Make To Order* di perusahaan yang menganut sistem *Mass Customization (MC)* sebagai alat kontrol kualitas sehingga mampu memenuhi ekspektasi dan keinginan *customer*. Penggunaan model pengendalian kualitas dilakukan untuk mengatasi permasalahan *defect* kualitas dengan metode *Six Sigma* meliputi tahapan alur proses *Define*,

*Measure, Analyze, Improve, Control* atau (DMAIC) sehingga dapat ditemukan solusi perbaikan yang dapat mengurangi *defect* yang terjadi.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Terdapat beberapa tujuan penelitian yang ingin diperoleh dalam penelitian pengembangan model pengendalian kualitas berdasarkan permasalahan yang dijelaskan sebelumnya yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui keadaan proses permesinan di stasiun *printing* pada produksi kemasan apakah dalam batas kendali atau tidak
2. Mendapatkan faktor-faktor penyebab produk cacat pada stasiun proses *Printing* di proses produksi kemasan.
3. Melakukan *improvement* dengan memberikan rekomendasi terhadap prioritas permasalahan yang dapat menyebabkan potensi terhadap kegagalan kualitas kemasan produk menggunakan Integrasi FMEA-TRIZ.

### **1.4 Batasan masalah**

Batasan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Penggunaan metode dan *tools* yang dilakukan di Divisi *Printing* berdasarkan pada data yang diberikan oleh perusahaan untuk jenis proses produksi yang banyak mengalami *defect* produk
2. Atribut Teknik yang digunakan dalam *Critical To Quality* didapatkan dari data yang ada di perusahaan yang telah bekerja sama dengan *customer* perusahaan lain.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dari pelaksanaan penelitian ini, beberapa manfaat yang diharapkan dapat dicapai adalah sebagai berikut:

1. Penelitian diharapkan mampu memberikan penambahan bagi literatur dan ilmu pengetahuan melalui solusi yang diberikan dalam pengendalian kualitas yang serupa.
2. Dari hasil penelitian diharapkan dapat diimplementasikan untuk peningkatan kinerja kualitas.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian ini diuraikan dalam beberapa bab yang ditulis secara sistematis sesuai dengan urutan proses pengerjaan penelitian. Sistematika penulisan secara rinci akan dijelaskan berikut ini.

### 1) BAB I Pendahuluan

Penulisan laporan ini diawali dengan penulisan bab pendahuluan yaitu bab yang menjelaskan alasan atau latar belakang penelitian ini dilakukan, perumusan masalah yang didapatkan dari latar belakang penulisan, tujuan pelaksanaan penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi yang digunakan pada penelitian, manfaat yang diharapkan dari pelaksanaan penelitian ini, serta uraian sistematika penulisan laporan pada penelitian.

### 2) BAB II Tinjauan Pustaka

Bab tinjauan pustaka merupakan bab yang membahas seluruh teori, temuan, dan berbagai referensi yang digunakan pada penelitian ini untuk memudahkan dalam pengerjaan penelitian yaitu tentang Pengendalian kualitas, Diagram Pareto, *Critical To Quality* (CTQ), *Mass Customization*, *Operation Process Chart* (OPC), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Theory of Inventive Problem Solving* (TRIZ) serta gap dan posisi penelitian yang dipilih oleh peneliti.

### 3) BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini akan menjelaskan secara detail alur dari pelaksanaan penelitian. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kerangka berpikir peneliti serta metode apa saja yang digunakan sehingga didapatkan hasil penelitian sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan sebelumnya.

### 4) BAB IV Pengumpulan dan Pengolahan data

Pada bab ini menguraikan tentang pengumpulan data dan pengolahan data di Divisi Printing yang berkaitan dengan penelitian tesis. Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan langsung di pabrik, wawancara, *brainstorming*, data historis dan penyebaran kuisioner kepada para *expert*. Kemudian dilakukan pengolahan data sesuai dengan metode-metode yang digunakan.

### 5) BAB V Analisis dan pembahasan

Pada bab ini dipaparkan mengenai hasil pengolahan data yang didapatkan dari bab sebelumnya. Bab ini akan dilakukan analisis dari penggunaan metode yang dibuat, pengaruh CTQ terhadap *defect* dan kualitas produk, analisis penyebab *defect* pada *critical* proses melalui tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan usulan perbaikan melalui solusi *Theory of Inventive Problem Solving* (TRIZ) dan mekanisme proses untuk mendapatkan manfaat dari pengendalian kualitas.

6) BAB VI Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir pada sistematika penulisan ini akan ditarik kesimpulan dari pelaksanaan penelitian ini yang disesuaikan dengan tujuan yang ditetapkan sebelumnya. Selain hal tersebut saran yang membangun juga diberikan untuk perusahaan dan penelitian yang akan datang.



## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tentang tinjauan beberapa sumber pustaka sebagai landasan teori yang akan membantu menyelesaikan permasalahan yang akan diangkat pada penelitian serta digunakan dalam menganalisa data. Landasan teori meliputi Kemasan Produk, *Six Sigma theory*, *Pareto Chart*, *Operation Process Chart (OPC)*, *Critical To Quality (CTQ)*, *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, *Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)* serta gap dan posisi penelitian yang dipilih oleh peneliti.

#### **2.1 Kemasan Produk**

##### **2.1.1 Definisi Kemasan**

Kemasan dapat didefinisikan sebagai seluruh kegiatan merancang dan memproduksi wadah atau bungkus atau kemasan suatu produk. Kemasan meliputi tiga hal, yaitu merek, kemasan itu sendiri dan label. Ada tiga alasan utama untuk melakukan pembungkusan, yaitu (Wirya, 1999)

1. Kemasan memenuhi syarat keamanan dan kemanfaatan. Kemasan melindungi produk dalam perjalanannya dari produsen ke konsumen. Produk-produk yang dikemas biasanya lebih bersih, menarik dan tahan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh cuaca.
2. Kemasan dapat melaksanakan program pemasaran. Melalui kemasan identifikasi produk menjadi lebih efektif dan dengan sendirinya mencegah pertukaran oleh produk pesaing. Kemasan merupakan satu-satunya cara perusahaan membedakan produknya.
3. Kemasan merupakan suatu cara untuk meningkatkan laba perusahaan. Oleh karena itu perusahaan harus membuat kemasan semenarik mungkin. Dengan kemasan yang sangat menarik diharapkan dapat memikat dan menarik perhatian konsumen. Selain itu, kemasan juga dapat mengurangi kemungkinan kerusakan barang dan kemudahan dalam pengiriman.

### **2.1.2 Peranan kemasan**

Sebagaimana yang telah diutarakan diatas, bahwa fungsi kemasan semula hanya sebagai tempat atau wadah untuk melindungi suatu produk. Namun sekarang fungsi kemasan bergeser disamping untuk melindungi produk dari kerusakan juga sebagai alat promosi diam di swalayan dan supermarket. Menurut Basu (1996) ada beberapa peranan kemasan sebagai alat suatu pemasaran, yaitu sebagai berikut:

1. Memberikan pelayanan sendiri (*self-service*)

Semakin banyak jumlah produk yang dijual tempat pembeli mengambil sendiri barang kebutuhannya, kemasan semakin berfungsi lebih menarik menyebutkan ciri-ciri produk, menakutkan konsumen dan memberikan kesan menyeluruh yang menguntungkan.

2. Kemakmuran konsumen

Meningkatnya penghasilan dan kemakmuran konsumen berarti konsumen bersedia membayar lebih mahal bagi penampilan, kemudahan, ketergantungan dan prestise dari kemasan yang lebih baik.

3. Citra perusahaan dan merek

Adanya kekuatan terkandung dari kemasan yang dirancang dengan cermat dalam mempercepat konsumen mengenal perusahaan atau mereknya.

4. Peluang Inovasi

Cara pengemasan yang inovatif akan bermanfaat bagi konsumen dan juga memberikan keuntungan bagi produsen sendiri. Dengan diciptakannya kemasan yang bagus dan menarik, maka kemasan merupakan cara produsen untuk berinovasi sehingga konsumen merasa puas. Disamping itu kemasan memberikan kenyamanan kepada konsumen baik terhadap penyimpanan maupun dalam membawanya.

### **2.1.3 Fungsi Kemasan**

Fungsi kemasan sekarang tidak hanya untuk melindungi produk dari kerusakan, namun kemasan pun harus mampu menarik perhatian konsumen baik kenyamanan dalam membawa, membuka, menutup dan menyimpan kemasan tersebut.

Fungsi kemasan lainnya adalah memberikan perlindungan superior, memperkenalkan suatu cara membuka yang baru, memberikan indikasi tertentu dari produk dan perusahaan menggambarkan mutu tertentu dari produk atau perusahaan atau suatu fungsi yang lain lagi (Philip, 2002).

Sedangkan menurut M.Pride & Ferrell (2016) mengatakan bahwa fungsi kemasan adalah sebagai berikut:

- a. Dapat mempertahankan dan melindungi produk
- b. Memberikan kenyamanan kepada para konsumen
- c. Mempromosikan produk dengan mempromosikan ciri-ciri penggunaan, manfaat dan citra produk.

Apabila sebuah kemasan tidak dapat memenuhi salah satu fungsi di atas, maka kemasan tersebut tidak dapat dikatakan telah memenuhi keinginan dan kebutuhan konsumen, sehingga kemasan tersebut tidak dapat diterima oleh konsumen dan minat membeli konsumen terhadap suatu produk pun akan menurun, sehingga akhirnya akan menurunkan keuntungan perusahaan.

Dari pendapat diatas, maka fungsi kemasan selain mempertahankan dan melindungi produk serta harus mampu memberikan informasi baru dari produsen ke konsumen. Kemasan juga harus dapat memberikan kenyamanan kepada konsumen baik kenyamanan dalam membawa, membuka, menutup dan menyimpan produk tersebut.

## **2.2 Six Sigma**

*Six Sigma* adalah suatu strategi perbaikan bisnis untuk menghilangkan pemborosan, mengurangi biaya karena menghasilkan kualitas yang buruk, dan memperbaiki efektifitas dan efisiensi semua kegiatan operasi sehingga mampu memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan. *Six Sigma* juga menjadi bagian dari strategi manajemen karena *Six Sigma* menghendaki perubahan nilai-nilai dan budaya dan pengenalan pada seluruh anggota organisasi dan perubahan secara substansial dalam struktur dan infrastruktur organisasi (Ariani, 2004).

*Six Sigma* didefinisikan dalam berbagai cara. *Six Sigma* adalah cara mengukur proses, tujuan mendekati sempurna, disajikan dengan 3,4 DPMO. Dengan kata lain *Six Sigma* ini adalah sebuah sistem yang luas dan komprehensif untuk membangun

dan menopang kinerja, sukses dan kepemimpinan bisnis. Namun tidak semua perusahaan harus mencapai level 6 dari *Six Sigma* dikatakan berhasil, malah beberapa di antaranya hanya mencapai dari 4 atau 5 level sudah mampu mencapai tujuan yang sudah dibuat (Cavanagh, 2000).

### **2.2.1 Konsep Six Sigma**

*Six Sigma* memiliki artian yang sangat luas dan memiliki beberapa artian dari beberapa sumber yaitu strategi *Six Sigma* merupakan metode sistematis yang menggunakan pengumpulan data dan analisis statistik untuk menentukan sumber-sumber variasi dan cara-cara untuk menghilangkannya (Harry & Schroeder, 2000). Metode *Six Sigma* disusun berdasarkan sebuah metodologi penyelesaian masalah yang sederhana DMAIC yang merupakan singkatan dari *define* (merumuskan), *measure* (mengukur), *Analyze* (menganalisis), *Improve* (meningkatkan atau memperbaiki), dan *Control* (mengendalikan) yang menggabungkan bermacam-macam perangkat statistik serta pendekatan perbaikan proses lainnya. Pada dasarnya pelanggan akan merasa puas apabila mereka menerima nilai yang diharapkan mereka. Apabila produk diproses pada tingkat kualitas *Six Sigma* maka perusahaan mengharapkan 3,4 kegagalan per sejuta kesempatan atau mengharapkan bahwa 99,9997 % dari apa yang diharapkan pelanggan akan ada dalam produk tersebut. Perhitungan tersebut lebih dikenal dengan *Defect Per Million Opportunities* (DPMO).

### **2.2.2 Manfaat Six Sigma**

Ada beberapa manfaat *Six Sigma* bagi perusahaan (Pande, 2002), yaitu:

#### **1. Menghasilkan sukses berkelanjutan**

Cara untuk melanjutkan pertumbuhan dan tetap menguasai pertumbuhan pasar yang aman adalah terus-menerus berinovasi. *Six Sigma* merupakan upaya untuk melakukan perbaikan secara terus-menerus (*continuous improvement*).

#### **2. Mengatur tujuan kinerja bagi setiap orang**

Dalam sebuah perusahaan, setiap orang bekerja dengan memiliki tujuan yang sama. *Six Sigma* merupakan alat untuk menciptakan sebuah tujuan yang konsisten yaitu kesempurnaan 99,9997 % atau 3,4 cacat dalam sejuta peluang.

3. Memperkuat nilai pada pelanggan

Dengan persaingan yang ketat di setiap industri, hanya produk yang memiliki kualitas terbaik yang dapat diterima oleh pelanggan. Fokus pada pelanggan adalah inti dari *Six Sigma* dengan mempelajari nilai yang diinginkan oleh pelanggan terhadap produk.

4. Mempercepat tingkat perbaikan

Perusahaan yang mampu melakukan perbaikan dengan cepat dapat memenangkan persaingan di pasar. Dengan menggunakan *Six Sigma* membantu perusahaan untuk tidak hanya meningkatkan kinerjanya tetapi juga meningkatkan perbaikan.

5. Mempromosikan pembelajaran dan “*cross pollination*”

*Six Sigma* merupakan sebuah pendekatan yang dapat meningkatkan dan mempercepat pengembangan dan penyebaran ide-ide baru dalam sebuah organisasi. Orang-orang yang terlatih dengan keahlian dalam banyak proses serta kemampuan dalam mengelola dan memperbaiki proses dapat dipindahkan ke divisi lain dengan kemampuan untuk menerapkan proses dengan lebih cepat. Ide-ide mereka dibagikan sehingga kinerja mudah untuk dibandingkan.

6. Melakukan perubahan strategi

Dengan lebih memahami proses dan prosedur perusahaan akan memberikan kemampuan yang lebih besar untuk melakukan penyesuaian-penyesuaian kecil maupun perubahan-perubahan besar yang dituntut oleh proses bisnis.

### **2.2.3 Tahap-tahap Pengendalian Kualitas dengan *Six Sigma DMAIC***

Proses perbaikan dalam *Six Sigma* dikenal dengan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). DMAIC merupakan proses untuk peningkatan terus-menerus menuju target *Six Sigma*. DMAIC dilakukan secara sistematis, berdasarkan ilmu pengetahuan dan fakta (Sartin, 2008). DMAIC adalah kunci pemecahan masalah *Six Sigma*. DMAIC meliputi langkah-langkah yang perlu dilaksanakan secara berurutan, yang masing-masing amat penting guna mencapai hasil yang diinginkan (Sartin, 2008).

Keberhasilan implementasi program peningkatan kualitas *Six Sigma* ditunjukkan melalui peningkatan kapabilitas proses dalam menghasilkan produk menuju tingkat kegagalan nol (Sartin, 2008). Oleh karena itu, konsep perhitungan kapabilitas proses menjadi sangat penting untuk dipahami dan implementasi program *Six Sigma*. Teknik penentuan kapabilitas proses yang berhubungan dengan *Critical Total Quality* (CTQ) untuk data variabel dan atribut. Data adalah catatan tentang sesuatu, baik yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif yang digunakan sebagai petunjuk untuk bertindak. Berdasarkan data, kita mempelajari fakta-fakta yang ada dan kemudian mengambil tindakan yang tepat berdasarkan pada fakta itu. Ada enam tema *Six Sigma* (Sartin, 2008), yaitu :

1. Fokus yang sungguh-sungguh kepada pelanggan

Dalam *Six Sigma* pelanggan menjadi prioritas utama. Sebagai contoh, ukuran-ukuran kinerja *Six Sigma* dimulai dengan pelanggan. Perbaikan *Six Sigma* ditentukan oleh pengaturan terhadap kepuasan dan nilai pelanggan.

2. Manajemen yang digerakkan oleh data dan fakta

*Six Sigma* mengambil sikap “management by fact” pada tingkat yang lebih kuat. Disiplin *Six Sigma* dimulai dengan menjelaskan ukuran-ukuran apa yang menjadi kunci untuk mengukur kinerja bisnis, kemudian menerapkan data dan analisis sedemikian rupa untuk membangun pemahaman terhadap variabel-variabel kunci dan hasil-hasil optimal.

3. Fokus pada proses, Manajemen dan Perbaikan

Dalam *Six Sigma*, proses adalah tempat dimana tindakan dimulai. Entah perancangan produk dan jasa, pengukuran kinerja, perbaikan efisiensi dan kepuasan pelanggan atau bahkan menjalankan bisnis *Six Sigma* memposisikan proses sebagai kendaraan kunci sukses.

4. Manajemen Produktif

Yang paling sederhana, menjadi produktif berarti bertindak sebelum ada peristiwa lawan dari reaktif. Tetapi dalam dunia nyata, menjadi produktif berarti membuat kebiasaan di luar praktik bisnis yang terlalu sering diabaikan. Untuk menjadi sungguh-sungguh produktif, jauh dari kejenuhan dan analitis yang berlebihan adalah dengan benar-benar memulai kreatifitas dan dengan perubahan yang efektif. *Six Sigma* sebagaimana kita ketahui, mencakup alat

dan praktik yang menggantikan kebiasaan reaktif dengan gaya manajemen yang dinamis, responsif dan produktif.

5. Kolaborasi tanpa batas

*Six Sigma* memperluas peluang untuk kolaborasi jika orang-orang mempelajari bagaimana peran mereka sesuai dengan gambar besar dan dapat menyadari serta mengukur kesalingtergantungan dari berbagai aktifitas disemua bagian dari sebuah proses. Kolaborasi tanpa batas menuntut adanya pemahaman terhadap kebutuhan riil kepada pengguna akhir maupun terhadap aliran kerja disamping sebuah proses atau sebuah rantai persediaan. Kolaborasi tanpa batas menuntut sikap yang ditunjukkan sepenuhnya untuk menggunakan pengetahuan terhadap pelanggan dan proses bagi keuntungan semua bagian. Jadi, Sistem *Six Sigma* dapat menciptakan sebuah lingkungan dan struktur manajemen yang mendukung team work yang sesungguhnya.

6. Dorongan untuk sempurna, toleransi terhadap kegagalan.

Bagaimana dapat didorong untuk mencapai kesempurnaan tetapi juga toleran terhadap kegagalan. Akan tetapi, pada dasarnya kedua ide tersebut saling melengkapi. Jika orang-orang yang melihat suatu jalur yang memungkinkan adanya layanan yang lebih baik, biaya yang lebih rendah, kapabilitas baru dan sebagainya (yaitu cara-cara untuk makin sempurna), terlalu takut terhadap konsekuensi kesalahan, maka sesuatu tidak akan pernah dicoba. Berikut dibawah ini merupakan tahap peningkatan kualitas dengan mengurangi kecacatan dalam proses produksi *Six Sigma* menggunakan DMAIC (McCarty et.,al 2004).

- *Define*  
merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahapan mengidentifikasi beberapa hal yang terkait dengan kriteria pemilihan proyek *Six Sigma*, peran dan tanggung jawab dari orang-orang yang akan terlibat dalam proyek *Six Sigma*, kebutuhan pelatihan untuk orang-orang yang terlibat dalam proyek *Six Sigma*, proses-proses kunci dalam proyek *Six Sigma* beserta pelanggannya, kebutuhan spesifik dari pelanggan dan pernyataan tujuan proyek *Six Sigma*.

Penelitian ini pada tahap define berfokus pada proses kunci yang akan diidentifikasi lebih lanjut untuk dilakukan peningkatan menuju target six sigma. Dimana untuk kriteria pemilihan proyek *six sigma* peran *critical* proses sangat berpengaruh untuk menuju maksimal target *defect* produk yang melewati *critical* proses tersebut tercapai sehingga menghasilkan *finish good* produk yang sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

- *Measure*

Dilakukan Pengukuran pada tingkat proses (*Process level*) dengan mengukur setiap langkah atau aktivitas dalam proses dan karakteristik kualitas *input* yang diserahkan oleh pemasok yang mengendalikan dan mempengaruhi karakteristik kualitas *output* yang diinginkan.

Dimana dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran pada *critical* proses yaitu proses printing dalam pembuatan kemasan produk yang menyebabkan *defect* tertinggi pada proses-proses produksinya. Sehingga dapat mengetahui kondisi existing dalam *critical* proses dalam menghasilkan *output product*.

Pada tahap *measure* dilakukan pengukuran *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) pada masing-masing jenis *defect*. DPMO merupakan ukuran kegagalan yang dihitung berdasarkan banyaknya kegagalan per satu juta kesempatan

$$DPMO = \frac{\text{Banyaknya produk yang cacat}}{(\text{Banyaknya yang diperiksa})} \times 1000000 \quad (2 - 1)$$

(Cavanagh, 2000)

Perhitungan level Sigma dengan microsoft excel menggunakan persamaan:

$$\text{Level sigma} = \text{normsinv} \left( \frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5 \quad (2 - 2)$$

- *Analyze*

Merupakan langkah operasional ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* yang bertujuan untuk menemukan penyebab dari



masalah dalam *critical* proses, dalam hal ini adalah masalah *defect* yang dihasilkan oleh *critical* proses yang memerlukan perbaikan lebih lanjut agar proses berjalan dengan tepat dan sesuai dengan SOP untuk menghasilkan produk kemasan yang sesuai spek perusahaan. Pada tahap ini dilakukan tahapan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kecacatan produk. Alat-alat yang akan digunakan dalam melakukan analisis bergantung pada masalah serta *critical* proses dan bagaimana cara pendekatan masalah yang dilakukan, terdapat dua sumber kunci dari input untuk menentukan penyebab sesungguhnya dari masalah yang ditargetkan, yaitu (Christian, 2013):

a. Analisis data

Menggunakan ukuran-ukuran dan data-data yang telah dikumpulkan atau data baru yang telah dikumpulkan dalam fase *analyze*, untuk membedakan pola-pola, kecenderungan, atau faktor-faktor lain mengenai masalah yang menunjukkan atau membuktikan penyebab-penyebab yang mungkin.

b. Analisis proses

Penyelidikan yang lebih dalam dan memahami bagaimana pekerjaan dilakukan untuk mengidentifikasi inkonsistensi, “*disconnect*”, atau bidang-bidang masalah yang mungkin menyebabkan atau memberikan kontribusi terhadap masalah.

Untuk mengidentifikasi sumber dan penyebab kecacatan produk digunakan alat dari *seven tool* yaitu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

Dalam penelitian ini, analisis yang dilakukan mencakup kedua sumber kunci input untuk menentukan penyebab sesungguhnya yang terjadi di dalam *critical* proses. Untuk analisis data, berdasarkan kecenderungan mengenai masalah yang menunjukkan akan terjadi *defect* maupun yang setelah terjadinya *defect*. Sedangkan untuk analisis proses yaitu melakukan penyelidikan lebih lanjut dan mendalam dengan mengevaluasi langsung ke proses dalam menghasilkan suatu *defect* sehingga produk *outspeck*.

- *Improve*

Setelah sumber-sumber dan akar penyebab dari masalah kualitas yaitu *defect* dalam *critical* proses terdefinisi, maka perlu dilakukan penetapan rencana tindakan (*action plan*) untuk melaksanakan peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan perbaikan dengan melakukan *setting* variabel *input* untuk mendapatkan proses *output* yang terdiri dari :

- a. Definisi tujuan perbaikan

Dalam merekomendasikan suatu permasalahan dalam *defect*, ditetapkan tujuan yang ingin dicapai dan langkah konkrit untuk mengurangi permasalahan yang menyangkut komponen maupun peralatan yang butuh perbaikan yang berdampak pada *output* dari proses tidak sesuai dengan spesifikasi yang arahnya akan menjadi *defect*.

- b. Definisi sumber-sumber perbaikan berdasarkan variasi yang potensial

Variasi variasi yang potensial untuk menghasilkan perbedaan spesifikasi produk yang dihasilkan setelah melalui *critical* proses didefinisikan sumber-sumbernya berasal dari mana, apakah dari komponen yang saling berintegrasi dalam suatu proses ataupun melalui serangkaian proses yang saling terhubung dengan proses lainnya.

- c. Menggunakan metode TRIZ untuk tindakan korektif yang dilakukan melalui serangkaian kontradiksi-kontradiksi sehingga tercapai *trade-off* yang terbaik dan sesuai dengan penerapan aplikasi TRIZ.

- *Control*

*Control* merupakan tahap operasional terakhir dalam proyek peningkatan kualitas *six sigma*. Pada tahap ini dilakukan untuk memonitor proses dengan memperhatikan hasil statistik untuk memastikan segala sesuatu yang berhubungan proses berjalan sesuai dengan target yang dikehendaki (George & Jones, 2002). Bertujuan untuk mengontrol perbaikan yang

telah dilakukan agar tetap konsisten. Dalam penelitian ini, tahap *control* hanya sebatas memberikan proses kontrol dalam bentuk *list* apa saja sistem kontrol yang sesuai dengan permasalahan *defect* dalam *critical* proses agar pihak perusahaan cepat tanggap jika dalam proses terjadi kesalahan sistem yang dapat menyebabkan *defect* produknya. Untuk proses kontrol yang dilakukan dalam membandingkan performa proses dalam menghasilkan produk sebelum dan sesudah diadakannya monitoring kontrol, tergantung pertimbangan perusahaan apakah usulan rekomendasi perbaikan diterima semua ataukah hanya beberapa point saja yang mungkin dapat dilakukan untuk proses perbaikan proses. Untuk kontribusi keilmuan terutama di bidang teknik industri, diharapkan melalui tahap *control* yang didapat dari usulan TRIZ yang biasanya digunakan sebagai metode untuk pengembangan suatu produk, dapat terealisasi dalam pengembangan proses pada proses yang mengalami *critical* proses.

### **2.3 Operation Process Chart (OPC)**

Dalam menentukan *tools* yang digunakan untuk membantu memahami langkah-langkah proses aktual untuk memproduksi kemasan produk, banyak *tools* yang dapat digunakan di antara lain: *Big picture Mapping*, *Flow Process Chart*, *Value Stream Mapping*, *Operation Process Chart*. Namun dalam penelitian ini digunakan *Operation Process Chart* (OPC) dikarenakan penelitian ini hanya membahas urutan operasi dimulai dari awal proses hingga sampai menjadi produk akhir maupun komponen produk sedangkan *tools* lainnya seperti *big picture mapping* dan *value stream mapping* sama-sama menggambarkan seluruh proses yang terjadi namun termasuk juga menentukan jumlah produk, kapasitas pengiriman serta berguna untuk mencari *waste* yang terjadi selama proses manufaktur.

*Operation Process Chart* (OPC) adalah suatu diagram yang menggambarkan langkah-langkah proses yang akan dialami bahan-bahan baku mengenai urutan-urutan operasi dan pemeriksaan. Sejak dari awal sampai menjadi produk jadi utuh maupun sebagai komponen dan juga memuat informasi-informasi yang diperlukan

untuk analisis yang lebih lanjut, seperti: waktu yang dihabiskan, material yang digunakan dan tempat atau alat mesin yang dipakai (Wignjosoebroto, 2003).

Peta-peta kerja merupakan salah satu alat yang sistematis dan jelas untuk berkomunikasi secara luas dan sekaligus melalui peta-peta kerja ini kita bisa mendapatkan informasi-informasi yang diperlukan untuk memperbaiki suatu metode kerja. Jadi dalam suatu *Operation Process Chart* (OPC), dicatat hanyalah kegiatan-kegiatan operasi dan pemeriksaan saja, kadang-kadang pada akhir proses dicatat tentang penyimpanan.

Manfaat pembuatan OPC antara lain:

1. Untuk menentukan kebutuhan operator.
2. Mengetahui kebutuhan akan mesin dan penganggarnya.
3. Bisa memperkirakan kebutuhan akan bahan baku
4. Alat untuk melakukan perbaikan cara kerja.
5. Alat untuk menentukan tata letak pabrik.
6. Alat untuk latihan kerja.
7. Bisa mengetahui kebutuhan akan mesin dan penggunaannya.
8. Sebagai alat untuk melakukan perbaikan cara kerja yang sedang dipakai

Informasi-informasi yang bisa didapat dari pembuatan OPC adalah:

1. Mengetahui banyaknya komponen yang digunakan.
2. Untuk mengetahui urutan proses pengerjaan produk.
3. Mengetahui komponen utama dan komponen tambahan.
4. Peralatan atau mesin yang digunakan.
5. Waktu penyelesaian tahapan proses pengerjaan produk.
6. Analisis dan ringkasan aktivitas

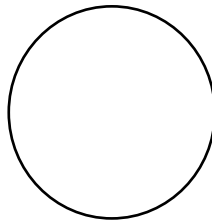
Untuk bisa menggambarkan Peta Proses Operasi dengan baik, ada beberapa prinsip yang perlu diikuti sebagai berikut:

1. Pertama-tama pada baris paling atas dinyatakan sebagai bagian “kepala” dari Peta Proses Operasi yang diikuti oleh identifikasi lain seperti:
  - a. Nama objek
  - b. Nama pembuat peta
  - c. Tanggal dipetakan
  - d. Nomor peta

- e. Nomor gambar
- 2. Material yang akan diproses diletakan diatas garis horizontal, yang menunjukkan bahwa material tersebut masuk kedalam proses.
- 3. Lambang-lambang ditempatkan dalam arah vertikal, yang menunjukkan terjadinya perubahan proses.

Lambang-lambang yang digunakan untuk pembuatan OPC antara lain menggunakan simbol *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) (Wignjosoebroto, 2003):

- a. Proses operasi adalah kegiatan diaman komponen mengalami perubahan karena dirakit dengan komponen lain.



Gambar 2.1 Lambang Operasi

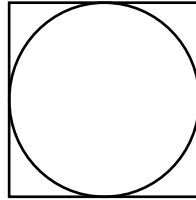
Operasi paling banyak digunakan dalam proses kerja, biasanya terjadi pada suatu mesin/stasiun kerja. Contoh :menyerut dg mesin serut, merakit, mengebor benda, mengetik, dapat juga digunakan untuk aktifitas administrasi seperti perencanaan dan perhitungan.

- b. Pemeriksaan adalah kegiatan memeriksa benda atau bahan baku dari segi kualitas maupun kuantitas. Prinsipnya adalah membandingkan suatu objek dengan suatu standar. Contoh : Mengukur dimensi, memeriksa warna, membaca alat ukur.



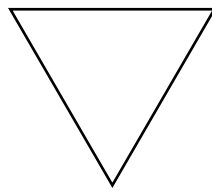
Gambar 2.2 Lambang Pemeriksaan

- c. Aktivitas gabungan adalah kegiatan dimana antara perakitan dan pemeriksaan dilakukan secara bersamaan atau dalam selang waktu yang relatif singkat.



Gambar 2.3 Lambang Aktivitas Gabungan

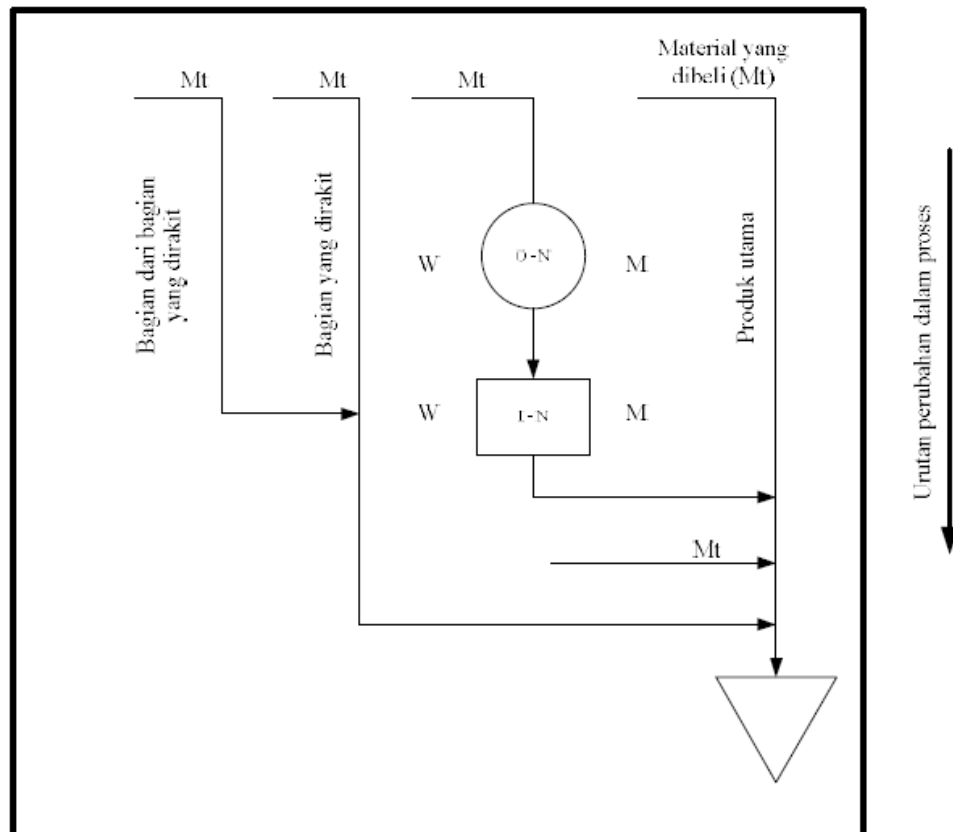
- d. Penyimpanan adalah seandainya benda kerja disimpan dalam waktu yang lama dan jika akan mengambil kembali biasanya harus berdasarkan rekomendasi atau izin terlebih dahulu. Contoh penerapan : dokumen yang harus disimpan di brankas, bahan baku gudang.



Gambar 2.4 Lambang Penyimpanan

4. Penomoran terhadap suatu kegiatan operasi diberikan secara berurutan sesuai dengan urutan operasi yang dibutuhkan untuk pembuatan produk tersebut dengan proses yang terjadi.
5. Penomoran terhadap suatu kegiatan pemeriksaan diberikan secara tersendiri dan prinsipnya sama dengan penomoran untuk kegiatan operasi.
6. Agar diperoleh gambar peta operasi yang baik, produk yang biasanya paling banyak memerlukan operasi harus dipetakan terlebih dahulu, berarti dipetakan dengan garis vertikal disebelah kanan halaman kertas.

7. Setelah semua proses digambarkan dengan lengkap, pada akhir halaman dicatat tentang ringkasannya, yang memuat tentang informasi-informasi seperti: jumlah operasi, jumlah pemeriksaan dan jumlah yang dibutuhkan.
- Secara sketsa, prinsip-prinsip pembuatan Peta Proses Operasi ini bisa digunakan sebagai berikut:



Gambar 2.5 Sketsa Peta Proses Operasi (OPC)  
Sumber: Wignjosoebroto (2003)

Keterangan:

W = Waktu yang dibutuhkan untuk suatu operasi atau pemeriksaan, biasanya dalam jam.

O - N = Nomor urut untuk kegiatan operasi tersebut.

I - N = Nomor urut untuk kegiatan pemeriksaan tersebut.

M = Menunjukkan mesin atau tempat dimana kegiatan tersebut dilaksanakan.

Ada empat hal yang perlu diperhatikan atau dipertimbangkan agar diperoleh suatu proses kerja yang baik melalui analisis peta proses operasi, yaitu analisis terhadap bahan-bahan, operasi, pemeriksaan dan waktu penyelesaian suatu proses.

Keempat hal tersebut diatas, dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Bahan - bahan

Kita harus mempertimbangkan semua alternatif dari bahan yang digunakan, proses penyelesaian dan toleransi sedemikian rupa sehingga sesuai dengan fungsi, rebilitas, pelayanan dan waktunya.

b. Operasi

Juga dalam dalam hal ini kita harus mempertimbangkan semua alternatif yang mungkin untuk proses pengolahan, pembuatan, pengerjaan dengan mesin atau metode perakitannya, beserta alat-alat dan perlengkapan yang digunakan. Perbaikan yang mungkin bisa dilakukan misalnya dengan menghilangkan, menggabungkan, mengubah atau menyederhanakan operasi-operasi yang terjadi.

c. Pemeriksaan

Dalam hal ini kita harus mempunyai standar kualitas. Suatu objek dikatakan memenuhi syarat kualitasnya jika setelah dibandingkan dengan standar ternyata lebih baik atau minimal sama. Proses pemeriksaan bisa dilakukan dengan teknik sampling atau satu persatu dari semua objek yang dibuat tentunya cara yang terakhir tersebut dilaksanakan apabila jumlah produksinya sedikit.

d. Waktu

Untuk mempersingkat waktu penyelesaian, kita harus mempertimbangkan semua alternatif mengenai metode, peralatan dan tentunya penggunaan perlengkapan perlengkapan khusus.

Menurut *Apple* (1990), peta proses operasi adalah satu teknik yang paling berguna dalam perencanaan produksi karena berisi tentang diagram proses dan telah digunakan dalam berbagai cara sebagai alat perencanaan dan pengendalian terutama dalam proses pengendalian produk dan digunakan untuk mengawasi suatu proses produksi suatu pembuatan produk.

Jika dibandingkan *Flow Process Chart* yang hanya dapat menganalisis tiap komponen lebih lengkap namun tidak bisa secara keseluruhan (hanya salah satu komponen produk yang dirakit), *Operation Process Chart* dapat menganalisa komponen secara keseluruhan dalam suatu proses pembuatan produk maupun seluruh bagian perakitannya.



## 2.4 *Critical To Quality (CTQ)*

CTQ adalah unsur-unsur suatu proses yang secara signifikan mempengaruhi output dari proses itu sendiri. CTQ merupakan atribut yang sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan keinginan pelanggan, serta merupakan elemen-elemen dari suatu produk, proses, atau praktek-praktek yang berdampak langsung pada kepuasan konsumen.

CTQ dapat digunakan untuk mengidentifikasi proses atau produk yang akan diperbaiki untuk menerjemahkan permintaan pelanggan. Biasanya bentuknya berupa turunan masalah atau *breakdown* dari semua masalah sampai tercapai atau teridentifikasi masalah yang sesungguhnya guna memenuhi keinginan pelanggan.

## 2.5 *Diagram Pareto (Pareto Chart)*

Dalam menentukan *tools* yang digunakan untuk menentukan frekuensi kejadian, banyak *tools* yang bisa digunakan diantara lain : *Check sheet*, *Histogram* maupun *Pareto Chart*. Namun dalam penelitian ini digunakan *Pareto Chart* dikarenakan penelitian ini tidak hanya membahas frekuensi kejadian cacat yang terjadi dalam suatu proses namun sekaligus menentukan prioritas suatu permasalahan berdasarkan jumlah frekuensi terbesar dan vital dalam suatu proses.

Diagram Pareto adalah sebuah metode untuk mengelola kesalahan, masalah atas cacat dan untuk membantu memusatkan perhatian pada usaha penyelesaian masalah. Masalah yang paling banyak terjadi ditunjukkan oleh grafik batang pertama yang tertinggi serta ditempatkan pada sisi paling kiri dan seterusnya sampai masalah yang paling sedikit terjadi ditunjukkan oleh grafik batang terakhir yang terendah pada sisi paling kanan. Diagram ini berdasarkan pekerjaan Vilfredo Pareto, seorang pakar ekonomi di abad ke-19. Joseph M. Juran mempopulerkan pekerjaan Pareto dengan menyatakan bahwa 80% permasalahan perusahaan merupakan hasil dari penyebab yang hanya 20% (Heizer & Render, 2011).

Dengan memakai diagram pareto, dapat terlihat masalah mana yang dominan sehingga dapat mengetahui prioritas penyelesaian masalah

Pada dasarnya diagram pareto dapat digunakan sebagai alat interpretasi untuk:

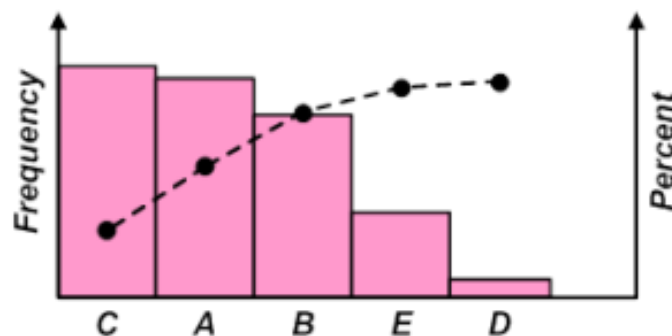
- a. Analisa komplain (jumlah kejadian) di perusahaan.

- b. Analisa jenis *defect* (pcs) yang terjadi dari hasil QC.
- c. Analisa *losses* (unit) sparepart di gudang
- d. Analisa pemborosan (Rp) atas hilangnya peralatan produksi
- e. Analisa produk *rework* (pcs) berdasar tipe produk
- f. Analisa *breakdown* mesin (frekuensi atau jam) berdasar jenis mesin

Manfaat dari diagram pareto:

- a. Merupakan pedoman memilih peluang perbaikan berdasar prinsip “*vital few*” dari “*trivial many*”
- b. Memfokuskan sumber daya pada area / *defect* / penyebab yang menghasilkan keuntungan yang terbesar
- c. Membandingkan frekuensi dan/atau dampak dari berbagai penyebab masalah

Berikut dibawah ini merupakan contoh Diagram Pareto pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Contoh Diagram Pareto  
Sumber : (Heizer & Render, 2011)

## 2.6 Indeks Kapabilitas Proses (Cp)

Kapabilitas proses adalah kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan *output* sesuai dengan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan. Kapabilitas proses merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan (Gaspersz, 2002). Keberhasilan implementasi program peningkatan kualitas *Six Sigma* ditunjukkan melalui peningkatan kapabilitas proses dalam menghasilkan produk menuju tingkat kegagalan nol (*zero defect*). Sebaliknya apabila proses memiliki kapabilitas yang

jelek, proses itu akan menghasilkan banyak produk yang berada di luar batas-batas spesifikasi sehingga menimbulkan kerugian karena banyak produk akan ditolak.

Indeks Kapabilitas Proses ( $C_p$ ) dihitung menggunakan rumus berikut: (Park, 2013)

$$C_p = \frac{\text{Level Sigma}}{3} \quad (2-3)$$

Dimana :

Kriteria penilaian :

Jika  $C_p \geq 2$  maka kapabilitas proses sangat baik dan mampu memenuhi spesifikasi target kualitas yang telah ditetapkan.

Jika  $1,00 \leq C_p \leq 1,99$  maka kapabilitas proses berada pada tidak sampai cukup mampu sehingga perlu peningkatan proses guna menuju target kegagalan nol.

Jika  $C_p < 1,00$  maka kapabilitas proses rendah dan sangat tidak mampu untuk mencapai target kualitas pada tingkat kegagalan nol

## 2.7 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

*Fuzzy*, FMEA, AHP, ANP merupakan alat penilaian resiko yang banyak digunakan dalam berbagai industri, tetapi dalam penelitian ini digunakan FMEA sebagai *tools* prioritas terhadap penilaian resiko terhadap segala penyebab yang terjadi walaupun teknik *fuzzy* mampu meningkatkan akurasi dalam penentuan nilai resiko tetapi timbul keraguan dalam penerapan di kehidupan nyata (Liu, H.C. et al, 2013). Sedangkan pada teknik AHP memiliki kelemahan yaitu hanya melibatkan persepsi subyektifitas sang ahli dan merupakan metode matematis tanpa ada pengujian secara statistik sehingga tidak ada batas kepercayaan dari kebenaran pemilihan yang terbentuk (Saaty, 2008). Oleh karena itu penggunaan FMEA digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan solusi permasalahan.

FMEA (*failure mode and effect analysis*) adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA merupakan *tool* yang digunakan untuk membantu mengidentifikasi dan mengeliminasi atau mengurangi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas sebelum berada di sistem, sub-sistem, produk maupun proses produksi (Borrer, 2008).

Suatu kondisi kegagalan dapat dilihat dari apa saja yang termasuk dalam

kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu.

Terdapat beberapa kategori dalam penggunaan FMEA (Borror, 2008), yaitu:

1. *System FMEA*

Sebuah sistem, atau subsistem, adalah kumpulan elemen atau komponen yang bekerja sama untuk menyelesaikan tugas atau fungsi yang diinginkan. FMEA diterapkan pada sistem atau tingkat subsistem untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efek yang dapat berdampak negatif terhadap sistem atau kinerja subsistem. FMEA difokuskan pada batas sistem atau subsistem di mana potensi kegagalan yang paling mungkin terjadi. Batas-batas kepentingan untuk sistem atau subsistem FMEA termasuk fungsional (yaitu, hasil yang diharapkan dengan asumsi operasi normal) atau operasional (yaitu, hasil spesifik yang diharapkan dibandingkan dengan toleransi, spesifikasi, dan timing).

2. *Design FMEA*

Sebuah desain atau lebih tepatnya desain produk adalah satu set spesifikasi yang menggambarkan semua aspek produk (yaitu, fungsi utama, parameter operasi dan toleransi, bahan, dimensi, dan seterusnya). FMEA diterapkan untuk desain produk awal dalam proses desain produk untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial yang didapatkan dari hasil cacat desain. FMEA desain adalah bagian normal dari tonggak kunci dalam proses pengembangan produk, seperti ulasan konsep, persetujuan konsep, ulasan desain awal, dan tinjauan desain akhir.

3. *Process FMEA*

Sebuah FMEA proses adalah satu set spesifikasi yang menggambarkan semua aspek dari sebuah proses (yaitu, komponen fungsional, laju aliran, langkah-langkah proses, peralatan yang akan digunakan, langkah-langkah yang akan dilakukan, operator atau karyawan untuk terlibat, dan sebagainya). FMEA proses diterapkan untuk memproses desain pada titik sedini mungkin untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial yang didapatkan dari hasil cacat desain.

#### 4. *Service delivery* FMEA

Sebuah pelayanan dengan penyelesaian satu set tugas yang dirancang untuk memenuhi satu atau lebih harapan pelanggan. Jasa pengiriman FMEA diterapkan untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial yang ketidakpuasan dari pelanggan.

### 2.7.1 Langkah-Langkah Pembuatan FMEA

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pembuatan FMEA (Borrer, 2008):

1. Mengidentifikasi potensi cacat produk
2. Mendaftar setiap cacat produk
3. Mengidentifikasi penyebab dari setiap cacat produk
4. Mengidentifikasi efek dari setiap cacat produk
5. Menentukan faktor probabilitas, yaitu pembobotan numerik pada setiap penyebab cacat produk
6. Menentukan nilai RPN (*Risk Priority Number*)
7. Menentukan rekomendasi tindakan untuk diimplementasikan pada kegagalan potensial yang memiliki nilai RPN tinggi.

### 2.7.2 Tujuan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Menurut Setyadi (2013), Tujuan yang dapat dicapai oleh perusahaan dengan penerapan FMEA:

1. Mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat pengaruh efeknya
2. Mengidentifikasi karakteristik kritis dan karakteristik signifikan
3. Mengurutkan desain potensial dan defisiensi proses
4. Membantu fokus para *engineer* dalam mencegah timbulnya permasalahan

### 2.7.3 Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Nilai RPN ditentukan untuk menentukan tindakan yang sesuai untuk dilakukan terhadap cacat produk yang ada. Nilai RPN adalah hasil perkalian antara:

1. Tingkat keseriusan dari efek yang ditimbulkan dari bentuk kegagalan

terjadi (*severity*)

2. Tingkat frekuensi dari penyebab kegagalan terjadi (*occurrence*)
3. Tingkat kemampuan mengendalikan kegagalan yang dapat terjadi (*detection*)

Proses pengukuran terhadap besarnya nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* adalah sebagai berikut ini:

a. *Severity*

Merupakan langkah pertama untuk menganalisa resiko dengan menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian dapat mempengaruhi hasil akhir proses. Dampak tersebut dinotasikan dengan skala 1 sampai 10, dimana nilai 1 merupakan dampak yang terendah dan nilai 10 adalah dampak yang terburuk. Tabel 2.3 ini adalah parameter penentuan *rating* dalam *severity* yang ditentukan dalam skala 1-10, dimana dalam setiap *rating* memiliki tingkat kriteria yang berbeda-beda.

Tabel 2.1 Nilai *Severity*

<b>Rating</b>	<b>Deskripsi</b>	<b>Kriteria</b>
<b>1</b>	<i>None</i>	Tidak disadari oleh pelanggan dan tidak berpengaruh pada produk atau proses
<b>2</b>	<i>Very Minor</i>	Kegagalan kemungkinan dapat menyebabkan konsekuensi secara minor, namun kemungkinan hal tersebut untuk terjadi sangat
<b>3</b>	<i>Minor</i>	Kegagalan merupakan gangguan kecil namun tidak menyebabkan penurunan
<b>4</b>	<i>Very Low</i>	Kegagalan dapat menimbulkan <i>minor performance</i>
<b>5</b>	<i>Low</i>	Kegagalan mempengaruhi performa produk/proses sehingga dapat menyebabkan
<b>6</b>	<i>Moderate</i>	Kegagalan dapat menyebabkan kerusakan parsial pada produk/proses
<b>7</b>	<i>High</i>	Kegagalan dapat menyebabkan ketidakpuasan konsumen secara signifikan
<b>8</b>	<i>Very High</i>	Kegagalan menyebabkan produk/proses tidak dapat dioperasikan atau diperbaiki
<b>9</b>	<i>Extremly High</i>	Kegagalan dapat menyebabkan pelanggaran
<b>10</b>	<i>Dangerously High</i>	Kegagalan dapat menyebabkan cedera fisik bagi pengguna atau pekerja

Sumber: Borrer (2008)

b. *Occurance*

Tahap selanjutnya adalah menentukan rating terhadap nilai *occurance*. *Occurance* merupakan kemungkinan bahwa penyebab kegagalan akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa produksi produk. Tabel 2.4 cara menentukan nilai *occurance* dengan menggunakan *rating* 1-10, dimana setiap *rating* memiliki kriteria tersendiri.

Tabel 2.2 Nilai *Occurance*

<i>Probability of Occurance</i>	<i>Occurance</i>	<i>Rating</i>
<b>Sangat tinggi:</b> kegagalan hampir tidak bisa dihindari	1 in 2	10
	1 in 3	9
<b>Tinggi:</b> umumnya berkaitan dengan proses terdahulu yang sering menimbulkan kegagalan	1 in 8	8
	1 in 20	7
<b>Sedang:</b> Umumnya berkaitan dengan proses terdahulu yang kadang mengalami kegagalan tetapi tidak dalam jumlah besar	1 in 80	6
	1 in 400	5
	1 in 2000	4
<b>Rendah:</b> kegagalan terisolasi berkaitan dengan proses yang Identik	1 in 15.000	3
<b>Sangat rendah:</b> hanya kegagalan terisolasi yang berkaitan dengan proses yang hampir identik	1 in 150.000	2
<b>Rendah:</b> kegagalan yang mustahil, tidak pernah ada kegagalan dalam proses yang identik.	1 in 1.500.000	1

Sumber: Borrer (2008)

c. *Detection*

Berfungsi sebagai upaya pencegahan terhadap proses produksi dan mengurangi tingkat kegagalan pada proses produksi. Tabel 2.5 dan Tabel 2.6 merupakan parameter penentuan nilai *detection* dengan menggunakan *rating* 1-10 dan setiap *rating* memiliki kriteria tersendiri.

Tabel 2.3 Nilai *Detection*

<i>Detection</i>	Kriteria	<i>Rating</i>
Hampir tidak mungkin	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi	10
Sangat jarang	Alat pengontrol saat ini sangat sulit untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	9
Jarang	Alat pengontrol saat ini sulit untuk mendeteksi bentuk dan penyebab kegagalan	8
Sangat rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab sangat rendah	7
Rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab rendah	6
Sedang	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab sedang	5
Lumayan tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab sedang sampai tinggi	4
Tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab tinggi	3
Sangat tinggi	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab sangat tinggi	2
Hampir pasti	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk dan penyebab hampir pasti	1

Sumber: Borrer (2008)

Dari nilai *severity*, *occurance* dan *detection* dapat diperoleh nilai RPN, yaitu dengan cara mengalikan ketiga unsur tersebut ( $RPN = S \times O \times D$ ). Berdasarkan nilai RPN yang telah diperoleh maka dilakukanlah pengurutan berdasarkan nilai RPN tertinggi sampai dengan terendah. Kegiatan produksi dengan nilai RPN tertinggi merupakan sasaran utama perbaikan yang harus segera diselesaikan.

Berikut ini merupakan contoh FMEA yang ditunjukkan oleh Gambar 2.7.



System		LTN2001 GPS SSU		Potential Failure Mode and Effects Analysis (Design FMEA)							Revision B				
Subsystem		Receiver Card									Prepared By Robert Crow				
Part Number		465230-100									FMEA Date 8/28/99				
Design Lead		J. Davies									Revision Date				
Item / Function	Potential Failure Mode(s)	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Probability	Current Design Controls	Detection	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Results					
										Actions Taken	New SW	New HW	New Dtd	New RPH	
Circuit Block 4.1.1	Output loss from pre-amp	Receiver & output data loss; track loss; GPS shut-down	5	C1 short	1	PR-20 & HM-5	2	10 QA Proc 20-6	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	1	1	2	
			5	C88 short	2		2	20 QA Proc 20-6	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	1	1	2	
			5	L1 open/short	3		2	30 QA Proc 20-3	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	2	1	4	
			5	U21 function	4		2	40 Test 147	R. Jones, 11/30/92	Added to control plan	2	3	1	6	
Circuit Block 4.1.2	Undetected & insignificant component failure mode	No noticeable system effect	1	C1open/chg val.	2	None	8	16 None						0	
			1	C88open/chg val	2		8	16 None						0	
Circuit Block 4.2.1	Loss of signal from 2nd RF amplifier & 1st down converter	Loss of position, velocity & time output data; track loss; GPS shut-down	4	C2 short	1	PR-20 & HM-5	2	8 QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan					0
			4	C3 short	1	PR-20 & HM-5	2	8 QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2	
			4	C4 open/short	2	PR-20 & HM-5	2	16 QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2	
			4	C5 short	2	PR-20 & HM-5	2	16 QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2	
			4	C66 open/short	2	PR-20 & HM-5	2	16 QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	1	1	2	
			4	C99 short	3	PR-20 & HM-5	2	24 QA Proc 20-6	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	2	1	4	
			4	FL1 short/open	5	None	2	40 100% Insp.	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	2	2	8	
			4	FL2 short/open	5	None	2	40 100% Insp.	B. Howell 10/15/92	Added to control plan	2	2	2	8	
			4	R2open/chg val	2		2	16 None							0
			4	R18 open/chg val	2		2	16 None							0

Gambar 2.7 Contoh FMEA  
Sumber: Crow (2002)

## 2.8 Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ).

TRIZ adalah *problem solving method* berdasarkan kreatifitas, logika, dan data, yang menghasilkan solusi terhadap permasalahan yang ada. TRIZ merupakan akronim dalam bahasa Rusia dari *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadach*, dalam bahasa inggris dikenal sebagai “The Theory of Inventive Problem Solving”. Geinrich mengemukakan dan mengembangkan pertama kali pada tahun 1946, dalam pengamatannya terhadap ratusan ribu paten produk yang telah dikeluarkan. Hasil pengamatan tersebut memberikan berbagai macam jenis solusi yang dirangkum dalam 40 *inventive principles*. Setiap prinsip yang diterapkan merupakan hasil kontradiksi yang terjadi dari berbagai macam atribut tertentu ketika pemecahan dianalisa. (Rantanen & Domb, 2002).

*Ideality function* atau *final result*, *separation principle*, 40 *inventive principles*, 39 *engineering parameters*, dan *contradiction matrix* adalah *tools* utama yang digunakan dalam pemecahan masalah dalam TRIZ. *Ideality function* adalah pernyataan yang menyatakan kondisi ideal yang ingin dicapai.

### 2.8.1 Contradiction

Kontradiksi dalam bahasa Indonesia berarti berlawanan atau kondisi yang saling bertentangan dalam segi hasil. Sebuah parameternya diperbaiki mengalami kontradiksi terhadap parameter lain maka kondisi ideal dari sistem tersebut sulit dicapai.

Dalam TRIZ terdapat 2 jenis kontradiksi yaitu *technical contradictions* dan *physical contradictions*. *Technical contradiction* atau dikenal *trade-offs*, adalah kondisi sulit atau bahkan tidak bisa dicapai karena terhalang oleh kondisi alami dari sistem tersebut. Dengan kata lain, ketika suatu parameter meningkat maka parameter lain akan mengalami penurunan. Sedangkan *physical contradictions* adalah situasi dimana suatu parameter meningkat akibat adanya parameter lain yang bersifat berlawanan (Rantanen & Domb, 2002).

### 2.8.2 Prosedur Penggunaan TRIZ

Prosedur penggunaan TRIZ terdiri dari 4 tahapan (Rantanen & Domb, 2002)  
Identifikasi masalah yaitu :

1. Formulasikan permasalahan
2. Cari atribut *contradiction* dan buat matrix yang akan dikembangkan dengan TRIZ melalui 39 engineering parameters.
3. Temukan pemecahan masalah yang ada dengan melihat 40 inventive principles
4. Aplikasikan pemecahan masalah TRIZ yang masih bersifat umum ke dalam pemecahan yang lebih bersifat spesifik.

Penjelasan dari 40 inventive principles ditunjukkan pada **Lampiran 1** dan penjelasan mengenai 39 *engineering* parameter standar yang telah ditetapkan oleh Altshuller dan tim ditunjukkan pada **Lampiran 2**.

Parameter-parameter tersebut saling dibandingkan sehingga membentuk Matriks TRIZ seperti yang ditunjukkan pada **Lampiran 3**. Cara menggunakan Matriks tersebut cukup mudah, yaitu dengan membandingkan parameter yang ingin diperbaiki (bagian kiri) dengan parameter yang menjadi kontradiksi (bagian atas). Persilangan antara kedua parameter tersebut terdapat angka-angka yang merupakan angka dari 40 prinsip yang telah dijelaskan.

Angka dalam persilangan matriks tersebut diurutkan berdasarkan prioritas tertinggi dalam menentukan usulan. Dapat dilihat bahwa terdapat beberapa matriks yang tidak memiliki nilai, karena kedua parameter tersebut tidak memiliki hubungan kontradiksi.

## **2.9 Gap dan Posisi Penelitian**

Berikut dijelaskan mengenai gap dalam penelitian dan posisi penelitian terhadap penelitian-penelitian terdahulu serta persamaan dan perbedaan dengan penelitian pendahulunya.

### **2.9.1 Gap Penelitian**

- **TAHAP *DEFINE***
  - **Operation Process Chart (OPC)**

OPC adalah suatu peta berbentuk diagram untuk melihat operasi mandiri dari tiap komponen atau rakitan dimana peta ini memberikan gambaran yang lebih cermat tentang pola aliran produksi dibandingkan dengan peta rakitan karena peta ini menambahkan data kuantitatif pertama pada usulan perencanaan aliran. Peta proses operasi adalah salah satu teknik yang paling berguna dalam perencanaan produksi.

Kenyataannya, peta ini adalah diagram tentang proses, dan telah digunakan dalam berbagai cara sebagai alat perencanaan dan pengendalian. Sutaiksa et al (1979) berpendapat bahwa peta proses operasi menggambarkan langkah-langkah operasi dan pemeriksaan yang dialami bahan dalam urutan-urutannya sejak awal sampai menjadi produk utuh maupun sebagai bahan setengah. Oleh karena itu penggunaan *tools Operation Process Chart* dilakukan untuk menggambarkan kegiatan kerja secara sistematis dan memuat informasi yang diperlukan untuk analisis lebih lanjut, seperti waktu yang dihabiskan, material yang digunakan, dan mesin yang dipakai sebagai masukan untuk menentukan atribut teknik dalam alur proses produksi pembuatan suatu produk.

➤ ***Critical To Quality (CTQ)***

CTQ adalah unsur-unsur suatu proses yang secara signifikan mempengaruhi *output* dari proses itu sendiri. CTQ merupakan atribut yang sangat penting untuk diperhatikan karena berkaitan langsung dengan kebutuhan dan keinginan pelanggan, serta merupakan elemen-elemen dari suatu produk, proses, atau praktek-praktek yang berdampak langsung pada kepuasan konsumen.

CTQ dapat digunakan untuk mengidentifikasi proses atau produk yang akan diperbaiki untuk menerjemahkan permintaan pelanggan. Biasanya bentuknya berupa turunan masalah atau *breakdown* dari semua masalah sampai tercapai atau teridentifikasi masalah yang sesungguhnya guna memenuhi keinginan pelanggan.

Dalam penelitian ini digunakan CTQ dalam mengidentifikasi karakteristik kualitas proses dan produk yang diterjemahkan berdasarkan spesifikasi *customer* untuk mencegah terjadinya penyimpangan mutu dari produk. Penggunaan CTQ tidak lepas dari *tools* lain yang umum digunakan seperti QFD (*Quality Function Deployment*) karena pada dasarnya metode QFD membutuhkan *brainstorming* dengan pihak *customer* dan pihak perusahaan dalam menentukan spesifikasi dari keinginan produk. Sedangkan hal tersebut tidak memungkinkan untuk dilakukan oleh penulis karena keterbatasan sumber daya dan informasi *customer* sehingga digunakan CTQ sebagai *tools* pengganti yang tujuan dan *outputnya* sama. Karakteristik CTQ digunakan sebagai acuan dalam *six sigma* karena dari sini *customer* memegang peranan penting dalam aplikasi *six sigma*. CTQ juga perlu didefinisikan berdasarkan *input* dari pelanggan terhadap kualitas yang diinginkan terhadap produk.

➤ ***Pareto Chart***

Diagram Pareto adalah alat kualitas berbentuk grafik batang yang dipadukan dengan diagram garis untuk jumlah kumulatif % yang terdiri dari berbagai faktor yang berhubungan dengan suatu variabel yang disusun menurut besarnya dampak faktor tersebut. Penggunaannya

menerapkan prinsip 80/20 yang telah menjadi standar dan terkenal karena sejak penemuannya 80:20 korelasi yang pertama yang ditemukan dan dipublikasikan, dan tetap menjadi rasio yang paling mencolok dan sering terjadi.

Dalam penelitian ini, digunakan diagram pareto dikarenakan penelitian ini tidak hanya membahas frekuensi kejadian cacat yang terjadi dalam suatu proses namun sekaligus menentukan prioritas suatu permasalahan berdasarkan jumlah frekuensi terbesar dan vital dalam definisi kriteria pemilihan proyek six sigma yang berfokus pada proses produksi mana yang digunakan untuk dilakukan *improve*.

- **TAHAP MEASURE**

Dalam tahap *measure*, pada penelitian ini menggunakan level sigma, DPMO dan kapabilitas proses (Cp) untuk mengukur kinerja proses yang mengalami *critical* dan banyak menimbulkan keluhan. Level sigma digunakan untuk mengukur kinerja proses di perusahaan dengan standart ketetapan *sig sigma*. DPMO digunakan untuk mengukur cacat produk berdasarkan produktifitas produk yang dihasilkan oleh *critical* proses . Sedangkan kapabilitas proses (Cp) digunakan untuk mengukur kemampuan proses untuk memproduksi atau menyerahkan *output* sesuai dengan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan (Vincent, 2002). Jika proses memiliki kapabilitas yang jelek, proses itu akan menghasilkan banyak produk yang berada di luar batas-batas spesifikasi sehingga menimbulkan kerugian karena banyak produk akan ditolak.

- **TAHAP ANALYSE**

- ***Failure Mode Effects Analysis (FMEA)***

FMEA merupakan metode penilaian resiko yang banyak digunakan dalam dunia industri masa kini,. Penggunaan FMEA pada tahap *analyse* tidak lepas dari kekurangan maupun pertimbangan Tools lain untuk menganalisa penyebab suatu *problem* seperti *fishbone diagram* yang hanya berdasarkan *opinion based on tool* dan didesain

membatasi kemampuan tim/pengguna secara visual dalam menjabarkan masalah yang menggunakan metode “level why” yang dalam, biasanya *voting* digunakan untuk memilih penyebab yang paling mungkin yang terdaftar pada diagram tersebut dan untuk memprioritaskan permasalahan dibantu metode lain yaitu FMEA. Padahal melalui metode FMEA saja sudah cukup menunjukkan penyebab suatu permasalahan walaupun penentuan RPN sebagai parameter penilaian risiko menimbulkan banyak kritik karena mempunyai beberapa kekurangan (Liu et al 2013).

FMEA tradisional secara signifikan tidak memperhitungkan kepentingan relatif dari faktor risiko maupun pola-pola permasalahan karena memperlakukannya dalam tingkat kepentingan yang sama. Dari hasil review terhadap 80 penelitian tentang FMEA yang diterbitkan antara tahun 1996-2016, metode yang populer dan sering digunakan untuk mengatasi kekurangan FMEA tersebut adalah *Grey Theory*, *AHP*, *ANP*, *Cost Based Model*, *Fuzzy-FMEA*, dan *TRIZ*. Semuanya dapat mengatasi dari kelemahan metode FMEA tradisional tersebut.

Oleh karena itu pemilihan TRIZ sebagai Integrasi metode yang digabungkan dengan FMEA digunakan dalam penelitian ini untuk memprioritaskan risiko berdasarkan pola dan situasi permasalahan untuk menemukan solusi yang tepat.

- **TAHAP IMPROVE**

- ***Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ).***

TRIZ adalah ilmu kreativitas yang bergantung pada studi tentang pola-pola masalah dan solusi, bukan pada kreativitas spontan dan intuitif individu atau kelompok. Lebih dari tiga juta hak paten telah dianalisis untuk menemukan pola-pola yang memprediksi solusi terobosan terhadap masalah, dan ini telah dimodifikasikan dalam TRIZ. TRIZ juga dapat digunakan sebagai solusi menuju six sigma, dalam manajemen proyek, sistem manajemen risiko, dan dalam inisiatif inovasi organisasi.

Untuk penerapan prinsip TRIZ bertujuan untuk melakukan optimasi pada proses pemilihan *technical response* yang mempengaruhi pencapaian

tingkat kepuasan *customer* dengan tetap memperhatikan biaya pengembangan proses atau produk yang dimiliki perusahaan (Singgih, 2014).

TRIZ biasanya digunakan untuk solusi pengembangan produk yang mempertimbangkan parameter-parameter terkait yang berhubungan dengan bagian komponen yang akan di *improve* lebih lanjut, namun dalam penelitian ini digunakan untuk pengembangan proses yang difokuskan untuk proses printing yang merupakan *critical* proses dimana parameter-parameter terkait berhubungan dengan komponen permesinan penyebab terjadinya *critical defect* kemasan produk. Integrasi FMEA-TRIZ digunakan untuk menemukan parameter-parameter kontradiksi berupa komponen ataupun bagian alat pada permesinan yang mengalami masalah terkait dengan *improve* yang akan dilakukan terutama untuk menyelesaikan masalah pada faktor mesin tersebut.

Dalam hubungannya dengan FMEA, masalah tertentu yang diuraikan dalam FMEA, digeneralisasikan ke salah satu masalah umum TRIZ. Dari masalah umum TRIZ dilakukan identifikasi solusi TRIZ untuk masalah tersebut, dan kemudian dicari bagaimana hubungan dan solusi perbaikan yang tepat dan dapat diterapkan untuk masalah spesifik yang potensial tersebut.

### **2.9.2 Posisi Penelitian**

Penelitian-Penelitian sebelumnya dalam metode untuk mencapai arah six sigma menggunakan alat pengendalian kualitas pada sistem *mass customization* yang diterapkan oleh studi kasus perusahaan yang diambil telah dilakukan oleh beberapa peneliti dengan menggunakan pendekatan yang berbeda. Sehingga dalam penelitian ini diterapkan integrasi dari beberapa metode tersebut.

Dalam penelitian Mansor et al (2014) mengintegrasikan TRIZ, *Morphological Chart*, dan AHP untuk perencanaan desain konseptual dalam siklus pengembangan produk Tujuannya adalah untuk menghasilkan dan memilih desain konsep terbaik dari komponen berdasarkan spesifikasi desain produk. Dalam

tulisan ini, matriks kontradiksi TRIZ dan 40 alat solusi prinsip inventif diterapkan pada tahap awal pembuatan solusi. Parameter solusi prinsip untuk karakteristik desain spesifik kemudian disempurnakan secara rinci dengan menggunakan bantuan grafik morfologi untuk secara sistematis mengembangkan desain konseptual untuk komponen tersebut. Metode AHP digunakan untuk melakukan proses pengambilan keputusan multi kriteria untuk memilih rancangan konsep terbaik untuk komponen rem parkir otomotif. Dari penelitian yang dilakukan. Metode *TRIZ-Morphological Chart-AHP* yang terintegrasi terbukti dapat diterapkan bersamaan dalam melakukan penyempurnaan ide, pengembangan dan seleksi konsep desain untuk mencapai solusi yang diinginkan terutama dalam mengembangkan desain konseptual. Namun pada penelitian ini konsep desain yang dipilih hanya berdasarkan subjektivitas dari penulis yang menggunakan AHP sebagai pembobotan untuk penentuan desain walaupun menggunakan perhitungan dengan detail dan seksama. Sehingga penerapannya dalam desain yang nyata juga belum tentu sesuai dengan rencana desain berdasarkan metode TRIZ tadi.

Dalam penelitian Chang et al (2007) mengintegrasikan QFD, AHP, FMEA dan TRIZ untuk mengoptimalkan parameter desain yang dapat dicapai. QFD digunakan sebagai infrastruktur dan AHP untuk mengukur bobot kepentingan relatif dari persyaratan produk. Kemudian, hasil AHP menterjemahkan kebutuhan pelanggan ke parameter teknik TRIZ. Metode yang diusulkan yang mengintegrasikan prinsip inventif TRIZ dapat membantu perancang untuk mengetahui peraturan yang dapat memenuhi persyaratan pelanggan. Penerapan FMEA dilakukan untuk menganalisis nilai bobot semua subsistem. Dari penelitian ini, contoh proses perancangan mekanisme tangkapan pengaman pada senapan pneumatik diimplementasikan untuk menjelaskan bagaimana strategi penelitian ini digunakan dalam proses pengembangan produk. Namun pada penelitian ini konsep desain yang dipilih berdasarkan integrasi QFD, AHP, FMEA dan TRIZ masih belum terdapat variabel biaya dalam pengembangannya sehingga walaupun pengembangan desain alat tersebut sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai tapi faktor biaya produksi dan pengembangan belum dimasukkan ke dalam parameter yang menyebabkan kontradiksi dalam metode TRIZ.



Dalam penelitian Yeh et al (2011) mengintegrasikan QFD dan TRIZ untuk mengembangkan dan memasarkan teknologi yang ramah lingkungan dari produk notebook. QFD dilakukan dalam untuk kepuasan dan Kebutuhan pelanggan, memenuhi spesifikasi target, Studi ini mengidentifikasi mayor Kontradiksi QFD di bidang teknik dan Administrasi dan menerapkan metodologi yang terintegrasi TRIZ untuk mencapai solusi *green design*. Hasil yang dicapai yaitu dapat meningkatkan efektivitas dan memperpanjang umur pemakaian, mengurangi biaya produksi dan meningkatkan produk secara keseluruhan. Namun pengaplikasiannya dalam penelitian ini hanya sebatas tahap rekomendasi yang belum diperhitungkan selisih biaya produksi, lama umur pemakaian dan tingkat persentase efektifitas yang dapat dicapai jika rekomendasi dari TRIZ digunakan.

Dalam penelitian Huang et al (2013) mengintegrasikan QFD dan TRIZ secara efektif untuk inovasi teknologi dan proses pengembangan produk baru (NPD). Menggunakan QFD dan TRIZ, untuk desain produk baru, adalah salah satu cara terbaik untuk memenuhi tantangan memuaskan permintaan konsumen yang tidak stabil dan kemudian berkembang dalam bisnis. Pada penelitian ini kita memungkinkan penciptaan inovasi teknologi yang efektif dan sistematis untuk produk baru. Balanced Scorecard (BSC) diperkenalkan untuk menunjukkan kepraktisan dan efisiensi integrasi tersebut dan pengukuran kinerja dari hubungan kedua metode tersebut.

Dalam penelitian Muruganantham et al (2014) menerapkan integrasi *lean* dan TRIZ untuk peningkatan produktivitas. Masalah *lean* diidentifikasi sebagai Kaizen dan model SMAIC diterapkan secara kontinyu untuk perbaikan. Langkah-langkah memilih, mengukur dan menganalisis digunakan untuk mempersempit masalah dan untuk memecahkan TRIZ telah digunakan di permasalahan *shop machine*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas dapat diperbaiki dimana penghematan waktu dapat dipangkas 90 detik per komponen dan kelelahan operator dapat dikurangi. Untuk penelitian ini, penulis mengkritisi bahwa perbandingan skala kelelahan operator dan produktifitas perusahaan belum terbentuk dan masih hanya sebatas *statement* saja belum ada nilai tambah bagi operator secara *real*. Pada tahap TRIZ juga sebatas memberikan *general* solusi dan

belum terdapat spesifik *solution* yang sesuai dengan penyelesaian permasalahan perusahaan .

Desai et al (2016) melakukan penelitian dengan melakukan strategi perbaikan terhadap produksi plastik yang menggunakan injection molding dalam memproduksinya. Menggunakan metode six sigma dan tahap alur DMAIC untuk peningkatan proses six sigma. Cacatan kritis seperti cetakan pendek, plastik terkontaminasi dll dapat dikurangi sehingga dapat menghemat biaya proses produksi plastik. Melalui penggunaan SOP yang efektif dan *user friendly* dan Perbaikan Manajerial pada tahap *control* Peningkatan Six sigma dapat terjadi sehingga dapat menghemat biaya produksi sebesar 10,80 lacs (INR). Penelitian ini sebenarnya sudah dapat mengimprove perbaikan yang terjadi di industri plastik namun pada tahap improve hanya sebatas pemberlakuan SOP proses produksi dan *preventif maintenance* tanpa adanya insiatif dari penulis terhadap sistem manajerial untuk memberikan rekomendasi pada tahap *improve* dengan pelatihan dan *sharing* terhadap operator yang menyangkut sistem pada proses produksi dan langkah perbaikan padahal pelatihan terhadap operator dan karyawan memegang peranan penting terhadap target menuju *lean six sigma*.

Tabel 2.4 Posisi Penelitian Terhadap Penelitian Sebelumnya

Karakteristik Model		Peneliti Sebelumnya						Posisi Penelitian
		Mansor et al (2013)	Chang et al (2007)	Yeh et al (2010)	Huang et al (2013)	Muruganant et al (2014)	Desai et al (2016)	
Fungsi Tujuan	<i>New Product Design</i>	√	√		√			
	<i>Conceptual Process Planning</i>			√				√
	<i>Quality Control</i>			√		√	√	√
Metode / Tools	QFD		√	√	√			
	LEAN					√		
	<i>Pareto Chart</i>						√	√
	<i>SIPOC</i>						√	
	<i>Operate Process Chart</i>	√						√
	<i>Cause and Effect Diagram</i>						√	
	<i>Root Cause Analysis</i>						√	
	FMEA	√	√					√
	TRIZ	√	√	√	√	√		√
	<i>Morphological Chart</i>	√						



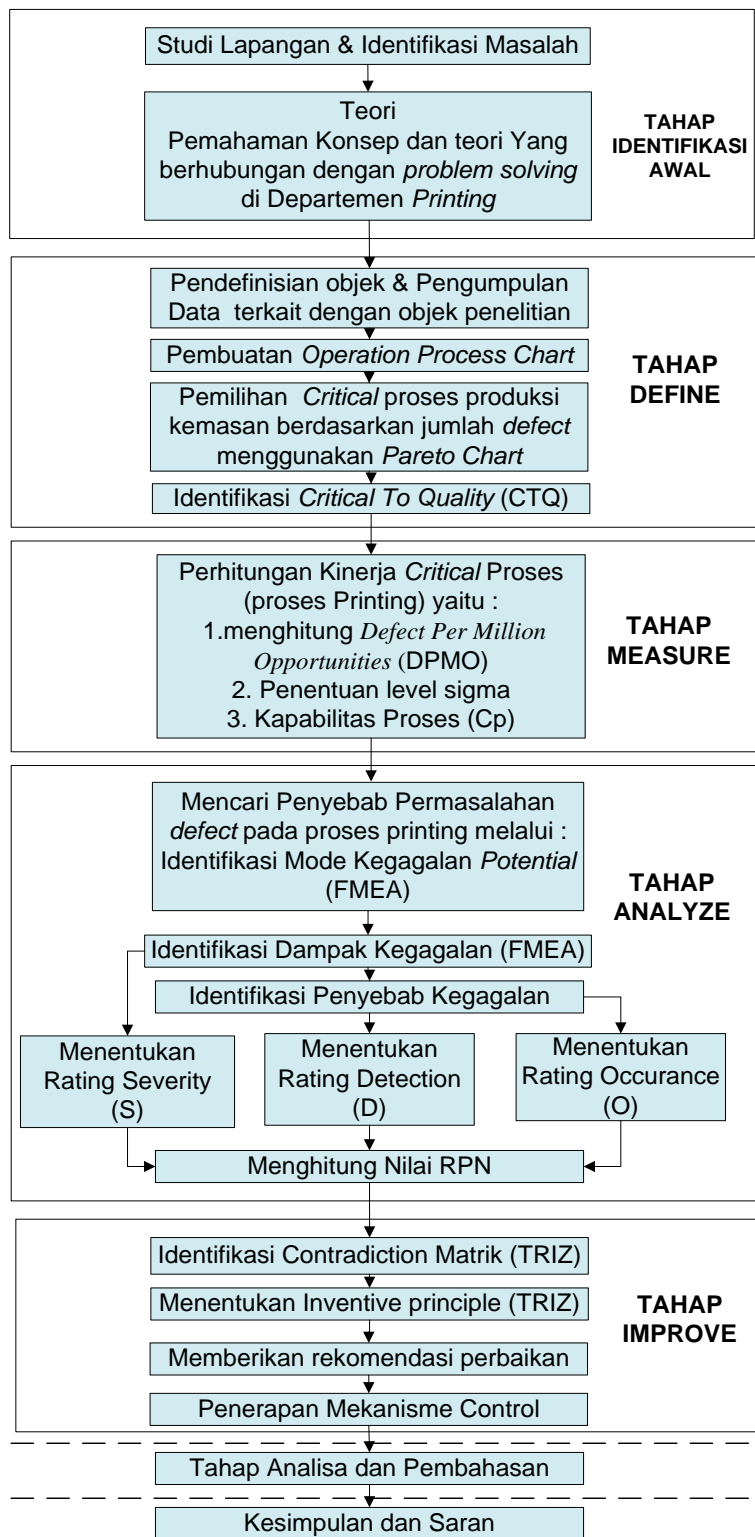
## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah yang digunakan untuk melakukan penelitian. Metode penelitian ini bertujuan untuk acuan dalam melakukan penelitian sehingga penelitian dapat berjalan secara sistematis, tujuan tercapai dan sesuai dengan waktu yang ditentukan sebelumnya. Bab 3 berisi alur penelitian, penjelasan dari masing-masing tahapan alur penelitian.

#### **3.1 Alur Penelitian**

Alur penelitian dapat dilihat pada *flowchart* Gambar 3.1. Diawali dengan Studi Lapangan untuk identifikasi permasalahan yang terjadi dan disinkronisasikan dengan tinjauan pustaka tentang pemahaman konsep dan teori-teori yang sesuai dengan penelitian yang akan dikembangkan lebih lanjut. Selanjutnya, pengembangan alur model dimulai dengan tahap *define* meliputi pendefinisian objek & pengumpulan data yang terkait dengan objek penelitian, pembuatan *operation process chart* (OPC) untuk mengetahui aliran informasi dan aliran fisik dari sistem produksi, mendapatkan *customer requirement* yang diterjemahkan ke dalam *critical to quality* (CTQ) untuk menjadi data awal yang akan diolah sesuai dengan prosedur *quality assurance* di perusahaan, dilanjutkan dengan menentukan *priority* proses dan identifikasi *critical defect* menggunakan *pareto chart* yang terjadi pada *critical* proses, serta menganalisis dengan tabel FMEA untuk mendapatkan prioritas penyebab kegagalan produk dalam *critical* proses (proses printing), kemudian dilakukan integrasi terhadap metode TRIZ untuk mendapatkan rekomendasi perbaikan yang cocok terhadap pengembangan proses printing dalam menghasilkan produk yang sesuai spek. Lalu dilakukan analisa dan pembahasan terhadap penerapan metode yang telah dibuat. Tahap akhir alur penelitian ditutup dengan memberikan kesimpulan dan saran.



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

### 3.2 Tahap Identifikasi Awal

Pada tahap identifikasi awal penelitian ini digunakan untuk mengkaji hal-hal yang merupakan persiapan dalam melakukan penelitian. Beberapa hal yang dilakukan dalam tahap ini yaitu : Studi lapangan yang dilakukan dalam penelitian ini dengan cara melakukan pengamatan pada proses produksi dan *quality control* yang diterapkan di perusahaan dalam hal ini di Departemen *Printing* guna mengetahui kondisi sebenarnya dari perusahaan dan untuk mengetahui permasalahan apa yang sering terjadi pada perusahaan dimana untuk permasalahan terjadi di proses printing yang banyak mengalami kasus berupa produk *return* akibat *defect* pada saat proses tersebut.

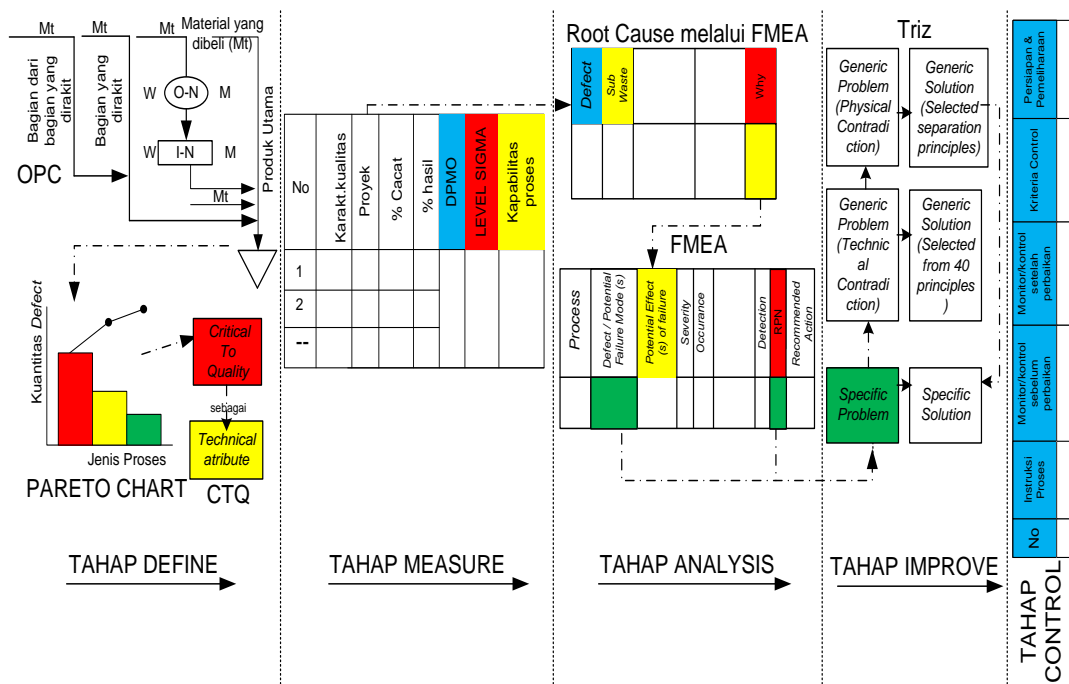
Lalu dilakukan Studi pustaka yang berasal dari review literatur berupa buku, jurnal, maupun studi terhadap penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik permasalahan berdasarkan Identifikasi permasalahan yaitu permasalahan *defect* yang terjadi di Departemen *Printing*. Bertujuan untuk mensinkronisasikan permasalahan dengan teori yang ada untuk penyelesaian masalah dengan penggunaan metode dan *tools* dalam tahap berikutnya yang menggunakan pendekatan FMEA dengan mengintegrasikan metode TRIZ dapat mengoptimalkan kinerja FMEA untuk memberikan solusi yang tepat sasaran terhadap permasalahan *critical* proses dalam proses menghasilkan produk yang sesuai spek.

### 3.3 Pengumpulan dan Pengolahan data

Tahapan pengumpulan dan pengolahan data ini dilakukan secara sistematis berdasarkan alur *flowchart* penelitian melalui pengambilan data historis mengenai *defect* kemasan di Departemen *Printing*, pengukuran variabel-variabel yang berpengaruh yang berkaitan dengan *defect* dalam proses produksi kemasan produk, wawancara dan *brainstorming* untuk menemukan akar penyebab permasalahan *defect* kemasan pada *critical* proses (proses printing) yang akan di-*improve* serta penyebaran kuisioner kepada para *expert* untuk menemukan prioritas perbaikan beserta solusinya. Alur pengolahan data tidak lepas dari Penggunaan model Six Sigma DMAIC.

Konsep perbaikan proses yang digunakan merupakan integrasi pendekatan pengendalian kualitas untuk sistem produksi *mass customization* berdasarkan *job*

order dari customer yang menggunakan Six Sigma untuk penggunaan modelnya dengan mengintegrasikan 4 tahapan alur dalam metodologi DMAIC yang terdiri dari tahap *define* meliputi : *Critical to Quality* (CTQ) untuk *critical* proses, *defect* untuk identifikasi permasalahan objek, serta memprioritaskan permasalahan *defect* dalam proses dengan diagram pareto. Untuk tahap *measure* meliputi: menghitung level sigma untuk kontrol evaluasi pada prioritas proses printing saat ini. serta integrasi FMEA-TRIZ untuk mencari akar permasalahan yang terjadi digunakan *Inventive (Inovative) Principal* dalam metode TRIZ untuk membantu memberikan rekomendasi perbaikan yang cocok dengan situasi perusahaan. Penggambaran alur *framework* penelitian yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Penggambaran Alur Konsep Penelitian

### 3.3.1 Operational Process Chart (OPC)

Alat Pengendalian Kualitas diawali dengan mengetahui bagaimana proses produksi suatu produk dari awal sampai dengan *finish good product*. Digunakan *Operational Process Chart* yaitu sebuah *tools* yang biasa digunakan untuk mengerti aliran proses yang dialami oleh bahan dan tiap jenis komponen maupun mengetahui keterkaitan produksi antara komponen-komponen produk.



Langkah-langkah pembuatan *Operational Process Chart* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat “kepala” dari peta proses operasi pada bagian baris paling atas dalam hal ini adalah proses -proses dalam pembuatan kemasan produk.
2. Lalu diikuti dengan identifikasi nama objek yaitu pembuatan kemasan produk, nama pembuat peta, tanggal dipetakan, nomor peta dan nomor gambar.
3. Meng-*input* material-material utama pembuatan kemasan yang siap untuk diproses di garis horizontal pada peta dimana untuk material adalah bahan baku pembuatan kemasan produk maupun material pendukung untuk melancarkan proses produksi.
4. Komponen produk kemasan yang biasanya paling banyak memerlukan operasi harus dipetakan terlebih dahulu, berarti dipetakan dengan garis vertikal disebelah kanan halaman kertas
5. Menyelesaikan proses produksi untuk pembuatan kemasan produk dengan lambang yang sesuai dengan simbol *ASME*, dimana Penomoran terhadap suatu kegiatan operasi diberikan secara berurutan sesuai dengan urutan operasi yang dibutuhkan untuk pembuatan produk tersebut dengan proses yang terjadi.
6. Setelah semua proses untuk pembuatan kemasan produk yang sesuai *job order* digambarkan dengan lengkap, pada akhir halaman dicatat tentang ringkasannya, yang memuat tentang informasi-informasi seperti: jumlah operasi, jumlah pemeriksaan dan jumlah yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu buah produk jadi.

### **3.3.2 Critical To Quality (CTQ)**

Model Pengendalian kualitas diawali dengan mengetahui apa yang diinginkan pelanggan, sehingga perlu mendapatkan data tentang *customer requirement*. Digunakan CTQ yaitu sebuah *tools* yang biasa digunakan untuk menguraikan atau mendekomposisi *requirement customer* yang cukup luas menjadi *requirement* yang terkuantifikasi dan lebih mudah memprosesnya.

CTQ dapat diukur dari sebuah produk atau proses yang harus mencapai performansi standard atau batas/limit dari spesifikasinya agar dapat memuaskan keinginan dan kebutuhan dari customer. Dengan adanya CTQ ini maka *improvement* atau upaya desain yang dilakukan akan bersekutu dan searah dengan *requirement* dari *customer*.

Dilakukan Identifikasi CTQ pada proses *printing* dalam penelitian ini yang mencakup apa saja *requirement* yang sesuai dengan spesifikasi produk pada proses *printing*.

#### Langkah-langkah prosedur penentuan CTQ

1. Identifikasi kebutuhan penting

Dengan mengidentifikasi kebutuhan utama yang harus dimiliki oleh produk. Lakukanlah CTQ *tree* untuk semua kebutuhan yang identifikasi. Dalam langkah pertama, pada dasarnya apa yang merupakan hal penting dalam sebuah kemasan produk.

2. Identifikasi *quality drivers*

Selanjutnya, identifikasikan kualitas spesifik dari *driver* yang harus ditempatkan agar bertemu dengan kebutuhan yang telah teridentifikasi pada langkah sebelumnya. Ingatlah bahwa ini adalah faktor-faktor yang harus ditujukan pada *customer* agar mereka berpikir bahwa produk memiliki kualitas yang tinggi dalam hal ini adalah spesifikasi kemasan produk.

3. Identifikasi *requirement* dari performansi

Identifikasi minimum *requirement* dari performansi yang harus memuaskan masing-masing *quality driver* dengan tujuan untuk menyediakan *quality product* yang sebenarnya. Setelah menyelesaikan CTQ *tree* untuk masing-masing kebutuhan utama, *list* CTQ dari *requirement* yang dapat diukur yang harus dipenuhi untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi.

Dari identifikasi CTQ yang dapat memenuhi *customer requirement* yang didapat, yaitu berupa data atribut teknik yang dibutuhkan dalam menentukan faktor kualitas produk kemasan apa saja yang penting bagi *customer*.

### 3.3.3 *Pareto Chart* (Diagram Pareto)

*Pareto chart* merupakan salah satu tools yang digunakan untuk penentuan prioritas permasalahan yaitu penentuan prioritas jenis *defect* apa saja dalam proses printing yang digunakan untuk nantinya akan dianalisa dan di *improve* lebih lanjut.

Langkah -Langkah untuk membuat Diagram Pareto dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi tipe-tipe yang tidak sesuai dalam hal penelitian ini adalah data *defect* yang ditinjau dari proses printing yang terlibat dalam pembuatan kemasan produk.
2. Menentukan frekuensi untuk berbagai kategori jenis *defect* berdasarkan ketidaksesuaian atau Kecacatan dalam proses printing
3. Mengurutkan daftar ketidaksesuaian (kecacatan) menurut frekuensinya secara menurun
4. Menghitung frekuensi kumulatifnya
5. Membuat skala dan menebarkan balok frekuensi pareto untuk memprioritaskan permasalahan yang akan dianalisa lebih lanjut.

Setelah terbentuk diagram pareto berdasarkan prioritas permasalahan *defect* dalam *critical* proses (proses printing), dipilih jenis *defect* untuk dilakukan analisa lebih lanjut dengan prinsip 80-20.

### 3.3.4 DPMO, Level Sigma, dan Kapabilitas Proses

Dalam tahapan ini dilakukan pengukuran *baseline* kinerja proses berdasarkan tingkat kecacatan produk dari proses produksi yang *critical* dalam hal ini proses yang memiliki jumlah *defect* terbesar yaitu proses printing yang menjadi objek amatan dengan menghitung nilai DPMO dan Level sigma. Pengukuran ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana *output* akhir dari proses dapat memenuhi kebutuhan pelanggan ataupun standar-standar mutu yang ada.

Berikut ini merupakan kerangka tabel perhitungan kapabilitas Sigma dan DPMO pada *critical* proses yang menyebabkan *defect* terbesar.

Tabel 3.1 Kerangka Tabel Perhitungan Kapabilitas Sigma dan DPMO

No	Karakteristik	Proyek	%	%	DPMO	Level
	Kualitas		Cacat	Hasil		Sigma
1						
2						
...						

### 3.3.5 Failure Mode Effects Analysis (FMEA)

Pada tahap awal prosedur FMEA, digunakan *output* yang didapatkan dari Atribut teknik (TA) dan *Quality Defects* (QD) dalam tahap sebelumnya. Kegagalan potensial didapatkan dari QD dan sumber penyebab kegagalannya adalah TA.

Beberapa langkah dalam metode FMEA adalah sebagai berikut :

1. Meng-*input defect* yang menjadi permasalahan proses printing
2. *Brainstorming* maupun analisa berbagai kesalahan atau kegagalan proses dan didiskripsikan dalam bentuk *flowchart*
3. Membuat daftar mode kegagalan, efek, dan penyebab dari mode kegagalan.
4. Menganalisa dan memberikan nilai setiap tingkat dampak (*severity*) kesalahan yang memberikan efek pada sistem.
5. Mengevaluasi dan Memberikan nilai tingkat kemungkinan terjadinya (*occurance*) kegagalan.
6. Menentukan pendekatan dan memberikan nilai terhadap tingkat kemungkinan deteksi dari tiap kegagalan sebelum kegagalan terjadi.
7. Menghitung tingkat prioritas risiko (RPN) dari masing-masing kesalahan dan dampaknya
8. Mengurutkan prioritas kesalahan yang memerlukan penanganan lanjut berdasarkan RPN tertinggi
9. Menentukan tindakan yang direkomendasikan untuk meningkatkan performa dari sistem
10. Membuat laporan FMEA dalam bentuk tabel.

Tabel 3.2 Bentuk Tabel *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA)

<i>Process (step)</i>	<i>Item product</i>	<i>Potential Failure Mode (s)</i>	<i>Potential Effect (s) of failure</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>	<i>R P N</i>	<i>Action Recommend d</i>
1										
2										
...										

### 3.3.6 Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ).

*Potential Failure Mode (s)* yang memiliki RPN tertinggi pada tabel FMEA menjadi prioritas utama sebagai masukan awal pada tahap prosedur TRIZ. Berikut dibawah ini menjabarkan bagaimana langkah-langkah prosedur penggunaan TRIZ :

1. Memilih *technical problem* yang berasal dari *Potential Failure Mode* pada tabel FMEA
2. Menulis ulang permasalahan teknis ke dalam permasalahan fisik dan mengidentifikasi permasalahan yang terjadi. Keberhasilan dalam menentukan masalah fisik mewujudkan inti masalahnya.
3. Menemukan formulasi solusi yang ideal melalui peningkatan faktor yang diinginkan dan menghilangkan faktor-faktor yang tidak diinginkan. Perbandingan antara hasil dengan solusi yang ideal menentukan keberhasilan penentuan faktor utama kontradiksi
4. Membuat kontradiksi-kontradiksi permasalahan pada masing-masing *critical defect* pada proses printing yang menjadi hambatan pada proses untuk tidak menghasilkan produk yang tidak menyebabkan *defect*.
5. Menemukan *contradiction matrix* pada masing-masing *defect* dan mengintegrasikan dengan 40 *principle* inovasi sebagai alat bantu untuk mendapatkan solusi permasalahan.
6. Memilih solusi terbaik yang paling sesuai berdasarkan dengan *contradiction matrix* yang memiliki *trade off* terbaik berdasarkan hubungan parameter kontradiksi yang dapat dirubah untuk setiap jenis *defect* dalam proses printing.

7. Memprediksi dan melihat potensi masalah dalam sistem yang datang dan memilih metode yang mungkin dijadikan solusi.
8. Menganalisa solusi yang didapatkan sebagai pencegahan permasalahan.

Melalui solusi TRIZ, berfokuskan pada pengembangan proses pada *critical process* dalam pembuatan kemasan produk (proses printing) dimana yang biasanya metode TRIZ digunakan untuk solusi pengembangan produk, dilakukan untuk pengembangan proses melalui parameter yang dirubah pada *contradiction matrix* dimana parameternya merupakan parameter terpenting yang dibutuhkan perbaikan untuk mendukung aktivitas perbaikan proses.

### 3.3.7 Mekanisme Sistem Control pada Critical Proses

Pada tahap ini dilakukan mekanisme sistem kontrol untuk meyakinkan bahwa perbaikan dan peningkatan kualitas pada *critical* proses yaitu proses printing dilakukan dan berjalan sesuai dengan target, sehingga pelaksanaan setiap sub-sub proses dapat dikendalikan agar cacat tidak terjadi berulang. Berikut dibawah ini contoh tabel perencanaan mekanisme kontrol yang akan dilakukan dalam penelitian.

Tabel 3.3 Bentuk Tabel Perencanaan Mekanisme Control

No	Instruksi Proses	Monitor / Kontrol sebelum perbaikan	Monitor / kontrol setelah perbaikan	Kriteria Control	Perawatan dan pemeliharaan sistem
1.					
2.					
...					

### 3.4 Analisa dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisa penerapan konsep yang dibuat berdasarkan pengolahan data yang dilakukan. Bagaimana *customer requirement* (CTQ) dalam *critical* proses dan pengendalian kualitas dapat terlaksana dengan baik melalui penggunaan alat kualitas dari hasil integrasi FMEA dan TRIZ.

### **3.5 Kesimpulan dan saran**

Kesimpulan yang dibuat berdasarkan hasil dari analisis dan pembahasan dengan menjawab tujuan dari penelitian yang telah ditetapkan pada tahap awal penelitian serta memberikan Saran untuk penelitian selanjutnya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)



## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Tahap ini merupakan tahapan awal atau tahapan dimana metodologi DMAIC *Six Sigma* mulai digunakan. Untuk tahapan ini, yang mulai dilakukan adalah fase *define* dan *measure*.

#### **4.1 Define**

Pada fase ini dilakukan penggambaran atau pendefinisian permasalahan kualitas yang dihadapi oleh perusahaan beserta penentuan tujuan yang ingin dicapai.. Permasalahan ini didapatkan dengan cara *brainstorming* dengan pihak manajemen perusahaan dan pengamatan langsung. Selain itu juga dilakukan penggambaran proses produksi dengan bantuan *tools Operational Process Chart* (OPC)

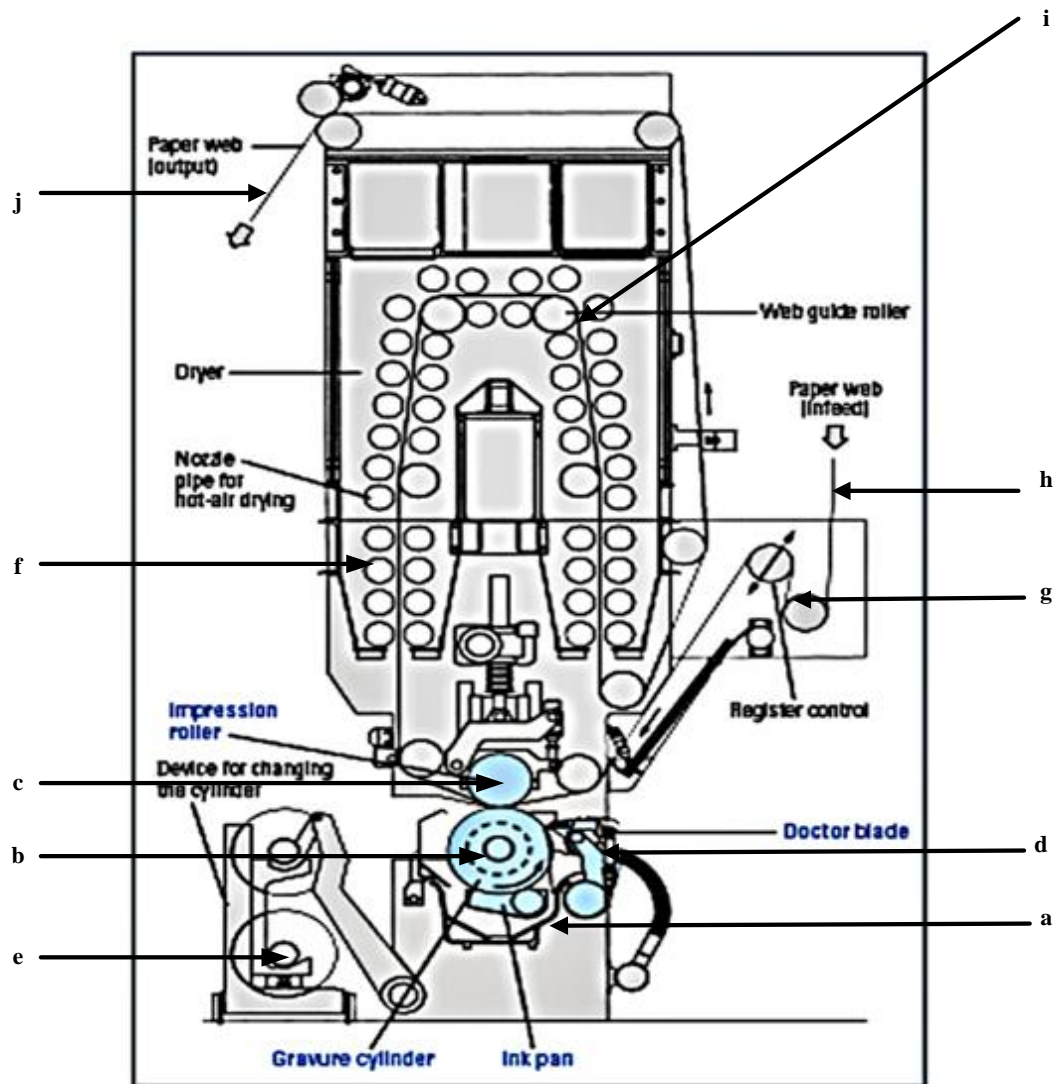
##### **4.1.1 Pendefinisian Objek Amatan**

Objek Amatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah produk kemasan yang hasil produksi di departemen *Printing* dimana menerapkan *job order* berdasarkan permintaan *customer* yang berasal dari perusahaan lain. Pemilihan objek produk kemasan tersebut karena komoditas utama yaitu produksi di *food manufacturing* tidak terjadi *defect* (0 % *defect*) karena berkaitan dengan kandungan bahan kimia yang sangat rentan jika terjadi *defect* apabila dikonsumsi publik sehingga objek yg diambil adalah kemasan produk. Hal ini didukung oleh banyaknya masalah berupa timbul macam-macam *defect* dalam memproduksi kemasan produk.

Data jumlah produksi dan jumlah kasus *defect* kemasan produk pada masing-masing proses produksi pada periode bulan Januari 2017 sampai September 2017 ditunjukkan pada Tabel 1.2 pada bab 1 sebelumnya. Berdasarkan Tabel 1.1 terlihat bahwa jumlah *defect* yang terjadi pada proses produksi yaitu sebesar 1,81 % sehingga melebihi target 1,00 % yang telah ditetapkan oleh perusahaan dengan rata-rata kasus sebanyak 63 kasus *defect* perbulan. Untuk kasus *defect*, berdasarkan

Tabel 1.2 terlihat bahwa jumlah kasus *defect* pada proses *printing* mendominasi sebanyak 176 kasus dimana proses *printing* merupakan proses pertama dalam pembuatan kemasan produk. Dimana pada proses *printing* menggunakan mesin *printing* untuk memproses cetak kemasan produk dengan 8 *station* warna. Berikut di bawah ini merupakan penjelasan komponen-komponen mesin *printing* yang digunakan di Departemen *Printing*

### Bagian Mesin *Printing*



Gambar 4.1 Sketsa Unit Pencetakan Mesin *Printing*

Keterangan :

- a. Unit penintaan
- b. Silinder *gravure*
- c. Silinder tekan
- d. *Doctor blade*/raket
- e. Peralatan untuk mengganti silinder *gravure*
- f. Pipa-pipa pengalir udara panas untuk pengering
- g. Pengontrol ketepatan cetak
- h. Gulungan bahan sebelum dicetak (unit pemasukan)
- i. Rol-rol pemandu jalannya bahan cetak
- j. Gulungan bahan hasil cetakan (unit pengeluaran)

Secara singkat fungsi dari masing-masing unit tersebut adalah sebagai berikut:

a. Unit penintaan

Unit penintaan terdiri dari bak tinta dan tinta. Unit ini berfungsi menampung tinta yang akan digunakan untuk mencetak. Berbeda dengan unit penintaan mesin cetak offset, unit penintaan pada mesin *rotogravure* tidak memiliki rol bak tinta, tetapi silinder *gravure* langsung berada di dalam bak tinta. Tinta langsung diambil oleh acuan cetak pada silinder *gravure*. Banyak sedikitnya tinta yang diambil tergantung dari image yang ada pada acuan cetak, semakin dalam goresan pada silinder maka semakin banyak tinta yang diambil. Karena silinder *gravure* langsung berada pada bak tinta, secara otomatis bagian yang mencetak maupun yang tidak mencetak terkena tinta. Untuk menghilangkan tinta pada bagian yang tidak mencetak, maka dilengkapi dengan *doctor blade*/raket.

b. Silinder *gravure*

Silinder *gravure* dalam mesin *printing* berfungsi mengambil tinta dari bak tinta dan diteruskan ke bahan cetak.

c. Silinder tekan

Seperti halnya mesin cetak offset, silinder tekan pada mesin cetak *rotogravure* juga berfungsi untuk memberi tekanan pada bahan cetak agar tinta pada

acuan cetak dapat dialihkan ke bahan cetak. Untuk menghasilkan cetakan yang baik, tekanan silinder cetak juga sangat menentukan. Tekanan dari silinder tekan ini dapat disetel sesuai dengan bahan yang dicetak, dengan melakukan perhitungan tekanan cetak lebih dulu.

d. Doctor blade/rakel

Doctor blade/rakel berfungsi untuk mengambil tinta pada bagian yang tidak mencetak kemudian mengembalikannya ke bak tinta, dan mengurangi kelebihan tinta pada bagian yang mencetak agar tidak terjadi pengeblokan tinta.

e. Peralatan untuk mengganti silinder *gravure*

Untuk memudahkan dan mempercepat penggantian lapisan silinder *gravure* mesin cetak *rotogravure* dilengkapi dengan peralatan bantu khusus. Peralatan khusus tersebut dipasang pada bagian depan unit pencetakan/silinder *gravure*.



Gambar 4.2 Mesin *rotogravure* yang dilengkapi peralatan bantu khusus  
Sumber : Departemen *Printing*

f. Pipa-pipa pengalir udara panas untuk pengering

Pipa-pipa tersebut berfungsi untuk mengalirkan udara panas yang berfungsi mempercepat proses pengeringan tinta pada permukaan bahan cetak sesaat setelah terjadi proses pencetakan. Seperti diketahui bahan-bahan cetak sebagian besar adalah bahan-bahan yang berdaya serap rendah, sehingga dengan adanya udara panas tersebut untuk pencetakan warna berikutnya tidak mengalami kendala, karena warna sebelumnya telah kering

g. Pengontrol ketepatan cetak

Seperti halnya pada mesin cetak offset gulungan (web offset), untuk mengontrol ketepatan cetak dengan mengatur rol-rol pengontrol ketepatan cetak. Rol-rol ini disetel untuk menaikkan atau menurunkan posisi bahan cetak. Karena penyetelan ketepatan cetak dilaksanakan pada saat mesin dalam keadaan mencetak, sehingga penyetelan tidak pada silinder cetak, seperti kalau pada mesin cetak lembaran (sheet) yang penyetelannya dalam keadaan mesin berhenti.

h. Gulungan bahan sebelum dicetak (unit pemasukan)

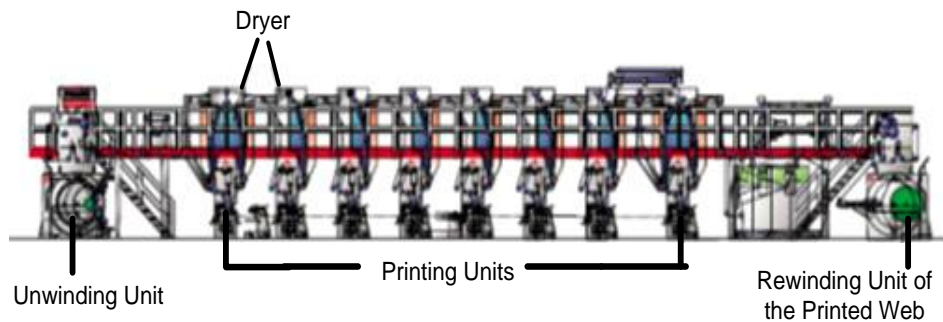
Mesin cetak *rotogravure* sebagian besar dirancang untuk mencetak bahan cetak yang berbentuk gulungan (web). Unit pemasukan ini berfungsi untuk menempatkan bahan cetak yang akan dicetak. Unit ini dilengkapi alat bantu penggantian/penyambungan gulungan bahan cetak yang akan habis, sehingga proses cetak tetap berjalan tanpa mengurangi kecepatan mesin, karena secara otomatis bahan cetak cadangan akan langsung menyambung pada gulungan sebelumnya.

i. Rol-rol pemandu jalannya bahan cetak

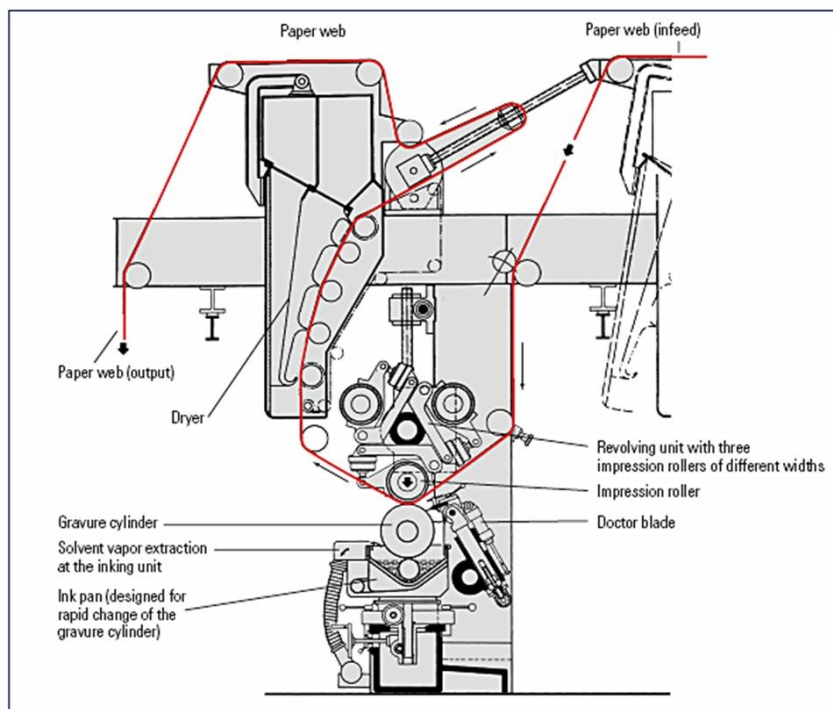
Rol-rol ini berkedudukan tetap, tidak disetel seperti rol pengontrol ketepatan cetak. Rol ini dilewati bahan cetak agar ketegangannya selalu stabil, sehingga jalannya ke unit pencetakan tidak berubah ubah. Dengan demikian kestabilan cetakan dapat diperoleh dengan maksimal.

j. Gulungan bahan hasil cetakan (unit pengeluaran)

Setelah bahan dicetak pada unit pencetakan, maka hasil cetak akan menuju ke unit pengeluaran. Apabila mesin tidak dilengkapi unit tambahan atau tidak, misalnya unit *cutting*, *folding*. Jika tidak, maka hasil cetak tetap berupa gulungan. Jika mesin dilengkapi unit lainnya, misalnya unit *cutting* maka hasil cetak berupa lembaran. Dan jika unit tambahan berupa *folding*, maka hasil cetak berupa lipatan.



Gambar 4.3 Diagram Unit Pencetakan Mesin *Printing Rotogravure* 8 warna  
Sumber : Departemen *Printing*



Gambar 4.4 Diagram Struktur Unit Mesin *Rotogravure*  
Sumber : Departemen *Printing*

#### 4.1.2 *Operation Process Chart (OPC) Pembuatan Kemasan Produk*

Sebelum membuat *Operation Process Chart* sebaiknya dilakukan penjabaran tentang detail aktivitas pada proses pembuatan kemasan produk di Departemen *Printing*. Proses produksi kemasan produk terdiri dari beberapa proses dan banyak mesin. Aliran proses produksi kemasan produk akan digambarkan dengan menggunakan peta proses operasi yang ditunjukkan pada gambar 4.1 . Peta proses operasi produksi kemasan produk menggambarkan langkah-langkah proses yang akan dialami bahan baku khususnya proses operasi dan pemeriksaannya. OPC memuat informasi-informasi yang diperlukan untuk analisis lebih lanjut antara lain waktu yang dihabiskan, material yang digunakan dan tempat atau mesin yang dipakai untuk pembuatan kemasan produk.

Berikut ini adalah detail aktivitas tiap proses produksi pembuatan kemasan produk.

##### 1. Proses *Printing*



Gambar 4.5 Proses *Printing*  
Sumber : Departemen *Printing*

Proses *printing* merupakan tahap awal dari proses produksi kemasan produk. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan kemasan produk adalah bahan baku plastik berupa OPP (*Oriented Polystyrene*), PE (*Poly Ethylene*), dan *nylon*. Sebelum proses *printing*, kepala shift *printing*, laminating dan slitting menerima rencana produksi dan bagian perencanaan produksi *printing* dengan membuat perkiraan bahan material produksi *printing*. Tahap awal proses *printing* yaitu tahap

persiapan diawali dengan Operator *printing* mengukur diameter cylinder dan mempersiapkan cylinder sesuai dengan jumlah warna yang terkandung dalam kemasan produk. Setelah itu operator *printing* menempatkan posisi *cylinder* sesuai urutan gambar yang tercetak lalu mengecek posisi *cylinder* apakah terbaca atau tidak sekaligus memasukkan *cylinder circumference*. Kemudian operator *printing* memasang *press roll* sesuai ukuran *cylinder* yang telah terpasang. Lalu dilakukan *setting design* dan *setting* mesin (*setting temperature, pressure, predrive dan speed*).

Proses *printing* dilakukan selama 60-180 menit tergantung job order dan spesifikasi pesanan. Kemasan hasil proses *printing* dalam bentuk *roll* dan dengan standart 6000 meter tiap cetakan harus dilakukan pengecekan. Sebelum ke proses selanjutnya, operator *printing* mengecek hasil *printing* gambar apakah dalam keadaan lari / buram / warna tidak sesuai dengan menggunakan *strobo light*. Jika hasil cetakan sesuai dengan spesifikasi kemasan, produk diberikan label QA passed beserta kodenya dan hasil *printing* diletakkan diatas palet. Namun jika hasil *printing* bendol / mbrosot / gulungan tidak sempurna / melenceng dari gambar maka akan dilakukan proses *rewinding*.

## 2. Proses *Rewinder* (rewinding)

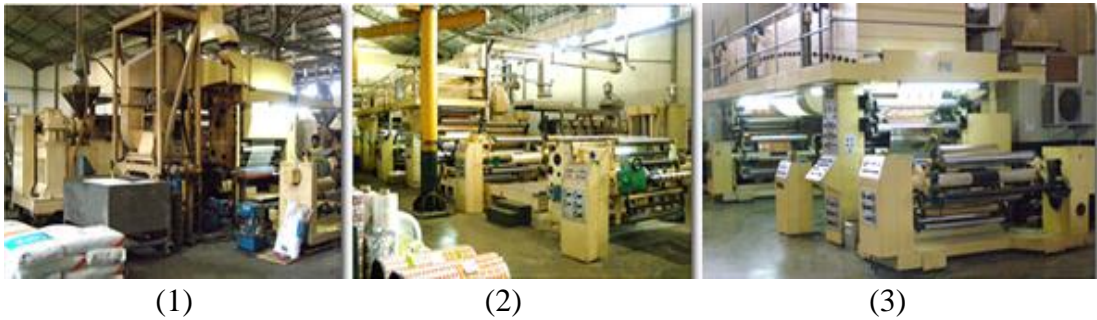
Dimana seperti yang dilihat pada gambar dibawah *rewinder* ialah proses pengecekan ulang berupa pembetulan bahan hasil *printing* yang *defect* ataupun bahan mentah yang *defect* berupa *printing* bendol / mbrosot / gulungan tidak sempurna / melenceng dari gambar dan biasanya operator menggunakan lampu *strobo* (kedip) untuk mengecek kualitas *printing* secara keseluruhan bila yang di *check* adalah hasil jadi dari proses *printing* dan bila terdapat *defect* maka akan diberikan tanda dan dipotong yang rusaknya





Gambar 4.6 Proses *Rewinding*  
Sumber : Departemen *Printing*

### 3. Proses Laminasi



Gambar 4.7 Proses Laminasi dengan Mesin *Single Dies Extrusion* (1),  
*Co-Extrusion Tandem* (2), *Dry Laminating Machine* (3)  
Sumber : Departemen *Printing*

*Laminating* adalah proses pelapisan polimat polos atau PET (*Polyester*) dengan *Alumunium Foil Surlin*. Pelapisan ini berfungsi untuk menjaga produk yang akan dikemas oleh *customer* tidak rusak. Setelah proses *Printing* dilakukan proses *Extrude Laminasi* atau biasa disebut dengan proses *laminating*. Terdapat 2 jenis mesin laminasi, yaitu *Extrusion Laminating* (*Single Extrusion Laminating* dan *Co-Extrusion Tandem Laminating*) dan *Dry Laminating*. Perbedaan dari kedua jenis mesin tersebut yaitu Kemasan yang menggunakan mesin *single extrusion* hanya dilapis 1 kali sedangkan kemasan yang menggunakan mesin *Co-Extrusion Tandem laminating* dilapis 2 kali dan untuk proses pelapisan dengan mesin *dry laminating* menggunakan lem perekat. Proses *dry laminasi* disebut dengan proses *Drying* yang

berarti proses pengeringan, proses pengeringan ini memiliki dua fungsi yaitu mengeringkan *adesive* yang dimasukkan pada proses laminating.

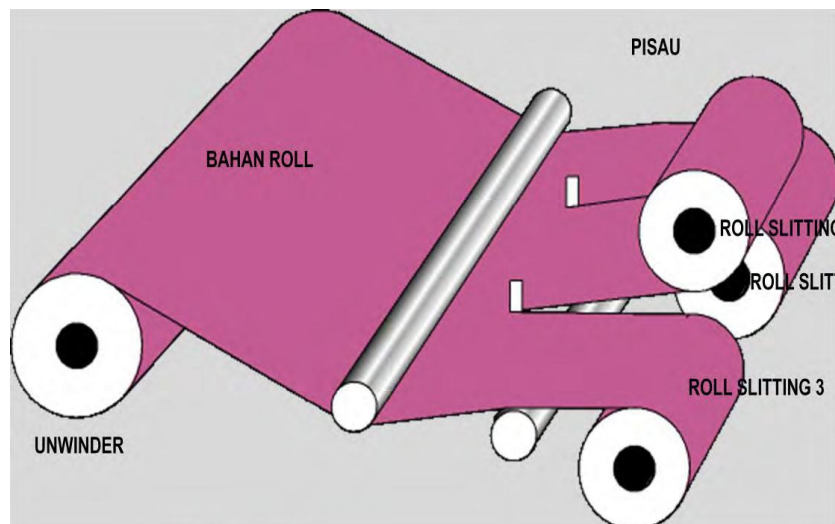
Sebelum dilakukan proses Laminasi, operator laminasi mempersiapkan *cylinder screen* sesuai dengan additive yang dipakai untuk laminating, memasukkan *cylinder circumference* dan men-setting mesin laminasi yaitu mengatur temperatur *heat cylinder press*, EPC sensor, temperatur dies, *auto vacuum resin*, temperatur *dry chamber*, *lami roll impression*, penambahan Powder spray untuk extrusion laminating dan sensor garis/gambar. Proses *laminating* ini dilakukan dengan menggunakan silinder berputar, Setelah mensetting mesin, operator laminasi menjalankan mesin dengan kecepatan  $\pm 20$  mpm dan juga menjalankan *screw conveyor* untuk *dies*  $\pm 65$ rpm untuk dimulai proses uji coba melapisi kemasan setelah di *printing*. Lalu sekiranya hasil laminasi untuk ketebalan dan kekeriputan tidak terjadi pada kemasan, dilakukan proses optimum dengan menjalankan mesin dengan kecepatan max  $\pm 120$  mpm sambil operator mengecek hasil laminasi dengan standar  $\pm 3000$  meter roll. Kemudian operator melepas dan mengganti roll hasil laminating dengan paper core baru dan dilapisi dengan isolasi untuk mengecek final hasil laminasi apakah sesuai dengan speknya. Jika sesuai dengan standar spek, hasil laminasi ditemplei kode sesuai dengan QA passed.

#### 4. Proses *Slitting*



Gambar 4.8 Proses *Slitting*  
Sumber : Departemen *Printing*

Proses *slitting* merupakan proses pemotongan kemasan produk hasil laminasi sesuai dengan ukuran kemasan pesanan dari *customer*. Dimana digunakan Mesin *slitting* digunakan untuk memotong ukuran kemasan sesuai dengan pesanan. Ukuran yang paling besar adalah 1200mm dan ukuran paling kecil 40 mm. Produk yang dihasilkan mesin *Slitting* adalah *Roll Packaging*.



Gambar 4.9 Skema Proses *Slitting*  
Sumber : Departemen *Printing*

Dapat di lihat pada gambar diatas di mana proses kerja pada mesin *slitting*,hal pertama yang dilakukan adalah *bahan roll* yang akan di potong terlebih dahulu di letak di *unwinder* ,unwinder akan berputar menuju ke *silinder-silinder roll*. Pada saat benda kerja berputar ke arah roll slitting,pisau yang telah di setting dengan posisi *statis* akan memotong benda kerja secara otomatis sesuai dengan ukuran yang telah di tentukan oleh operator, kemudian hasil potongan dengan sendirinya akan menuju ke bagian *rewinder* dimana disana sudah terdapat gulungan-gulungan yang akan memisahkan hasil potongan dari hasil proses *slitting*. Proses *slitting* sangat tergantung pada alat potongnya yaitu *pisau blade* dan *disk night*. Karena di dalam proses *slitting* hanya terjadi pemotongan tanpa ada tambahan baku tambahan lain. Proses *slitting* ini dilakukan cukup hanya dengan satu operator sehingga tidak membutuhkan terlalu banyak tenaga kerja untuk mengoperasikan dan menghasilkan produk. Setelah proses *slitting* terjadi, operator dan staf QA mengecek hasil sliting apakah perlu di rewinding atau tidak.

## 5. Proses *Bag Making*



Gambar 4.10 Proses *Bag Making*  
Sumber : Departemen *Printing*

Barang atau produk yang sudah melalui proses slitting dalam bentuk *Roll* dapat langsung di packing untuk di kirim kepada pelanggan, akan tetapi jika *Job Order* (JO) yang di pesan oleh konsumen dalam bentuk *Bag/kantong* maka produk harus masuk kedalam *Bag Making Process*. Di dalam Proses *Bag Making* ialah di mana pembentukan produk dari bentuk lembaran menjadi produk kantong (*bag*) sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan oleh konsumen. Terdapat lima jenis mesin *Bag Making* dalam departemen *Printing* yang memiliki fungsi berbeda-beda antara lain :

- 1) Bag Making Machine 1 (BM 1) menghasilkan produk kemasan Head Side Seal
- 2) Bag Making Machine 2 (BM 2) menghasilkan produk kemasan Three Side Seal
- 3) Bag Making Machine 3 (BM 3) menghasilkan produk kemasan Center Seal/MT, Gusset Bag
- 4) Bag Making Machine 4 (BM 4) menghasilkan produk kemasan Center Seal
- 5) Bag Making Machine 5 (BM 5) menghasilkan produk kemasan Standing Pouch.

Mesin-mesin bag making ini dikhususkan model kemasannya karena tingginya permintaan customer akan barang kemasan / *packaging*.

Tahapan awal proses *Bag-Making* adalah operator *Bag-Making* mensetting temperatur heater sel dengan suhu  $136 - 166^{\circ}\text{C}$ , men-setting LPC/EPC adjust, Men-setting counter per menit produksi = 100pcs. Setelah proses *bag-making* selesai, operator melakukan inspeksi hasil bag making dan menata hasil *bag-making* sebanyak 100 pcs per tali. Tahapan terakhir ialah setelah semua proses *Slitting* dan proses selesai, produk yang sudah jadi akan di *check* kembali oleh QC Dept untuk dilihat kelayakan sebelum dikirim kepada konsumen. Pada bagian *Finishing* yang bertugas memeriksa Kualitas produk *Roll* yang dihasilkan oleh *slitting* dan produk kantong ( bag ) dari Bag making, Sesuai kualitas dan spesifikasi produk. Berikut pada gambar 4.11 dibawah ini merupakan *Operation Process Chart* pembuatan kemasan produk.

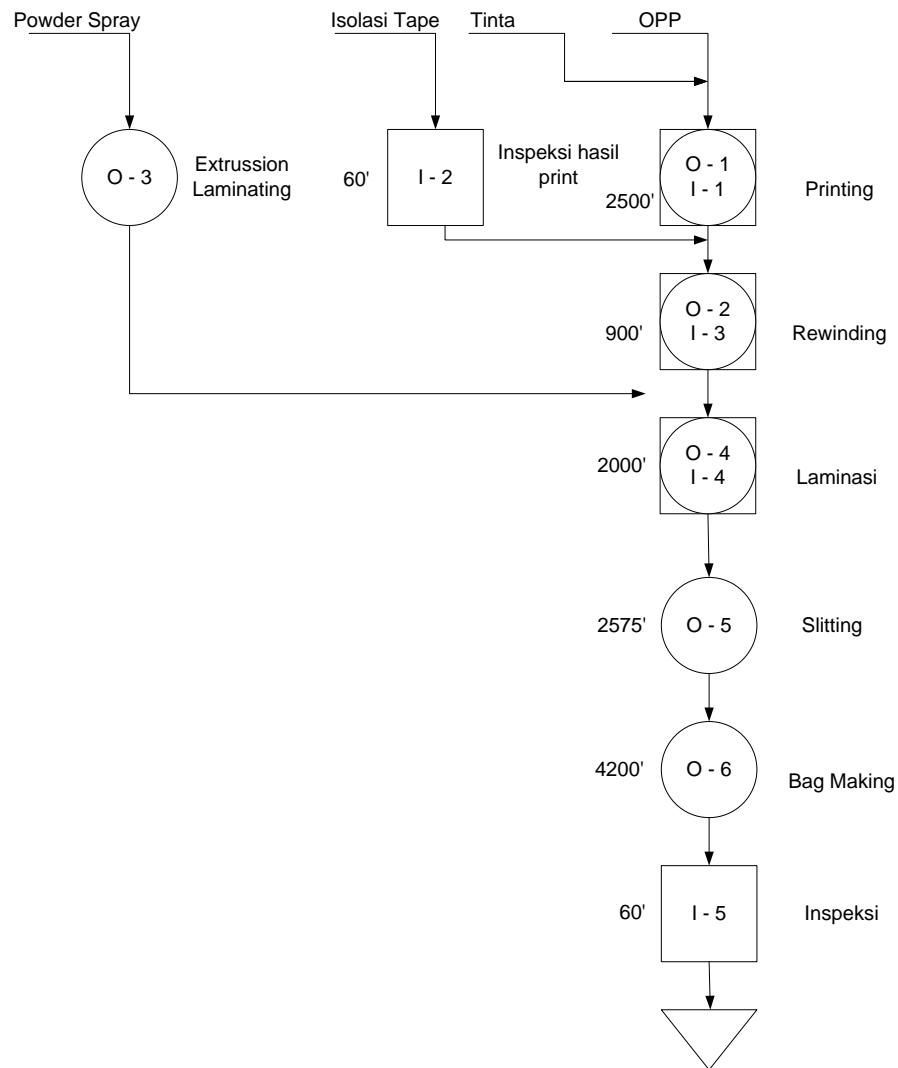
## PETA PROSES OPERASI PRODUKSI KEMASAN PRODUK

Nama Obyek : Proses Pembuatan Kemasan Produk

Nomer Peta : 1

Dipetakan Oleh : Sherva Rafsanjani

Tanggal Dipetakan : 15 November 2017



Ringkasan	Jumlah	Waktu (detik)
Operasi	6	12175
Inspeksi	5	120
Total	11	12295

Gambar 4.11 Operation Process Chart Kemasan Produk



Dari gambar 4.11 dapat diketahui waktu total untuk pembuatan kemasan produk menghabiskan waktu selama 12295 detik dalam bentuk satu roll produksi dimana satu roll produksi berukuran 3000 meter dan Untuk keseluruhan proses produksi terdapat 6 tahapan proses produksi serta 5 kali proses inspeksi hingga akhirnya produk dimasukkan ke dalam tempat penyimpanan produk jadi .

#### 4.1.3 Identifikasi CTQ (*Critical to Quality*)

CTQ merupakan suatu karakteristik yang dapat diduga yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kualitas produk. CTQ juga dapat diartikan sebagai atribut utama dari kebutuhan konsumen serta sebagai elemen dari proses / kegiatan yang berpengaruh langsung terhadap pencapaian kualitas yang diinginkan. Maka dari itu perlu dilakukan improve terhadap kualitas produk yang dihasilkan.

Sebagaimana sebuah proyek DMAIC pada fase *Define* mempunyai tujuan yang ingin dicapai yang merupakan proyek perbaikan kualitas terutama dalam penelitian ini yang berfokus pada *critical* proses yaitu proses *printing*. Diharapkan cacat pada proses *printing* untuk membuat kemasan produk dapat memenuhi seluruh standar dan spesifikasi yang diinginkan oleh *customer*. Berikut di bawah ini merupakan tentang macam –macam atribut CTQ proses *printing* yang diperoleh berdasarkan wawancara dengan pihak *quality control* dan pihak produksi di divisi *printing* berdasarkan spesifikasi standard perusahaan dan kritik /complain yang diinginkan oleh konsumen yang dijelaskan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 CTQ Kemasan Produk

Produk	Jenis Proses	CTQ	Spesifikasi
Kemasan Produk (dalam bentuk roll)	<i>Printing</i>	Ukuran dan jenis bahan baku material	Sesuai dengan spek tiap jenis kemasan produk berdasarkan keinginan customer (OPP, PE, dan PP)
		Komposisi tinta	Sesuai dengan spek & kadar tinta yang digunakan untuk tiap jenis produk
		Posisi Cetak	Posisi cetak kemasan dalam bentuk roll ( <i>reverse</i> atau <i>surface</i> )
		Arah Gulungan	Arah putaran gulungan roll kemasan

Produk	Jenis Proses	CTQ	Spesifikasi
			(kaki atau kepala)
		Viskositas tinta	-Warna Sesuai dengan desain output kemasan (-1,0,1) -Kerekatan tinta yang menempel di hasil cetak kemasan diuji melalui <i>celotape test</i>
		Ukuran desain kemasan	-Sesuai dengan ukuran standar desain pitch up pada tampilan kemasan -Jarak antara fotosel satu dengan lainnya sesuai dengan desain produk kemasan
		Register warna	Sesuai dengan ukuran warna standar pitch circum pada tampilan kemasan

Ukuran dan jenis bahan baku material yang digunakan harus sesuai dengan pesanan *customer*. Material bahan baku yang digunakan yaitu : *Oriented Polystyrene* (OPP) untuk jenis kemasan plastik yang sangat bening dan kurang tahan panas, *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) untuk jenis packing minuman atau cairan dimana material ini paling sering digunakan karena karakteristiknya yang lentur yang memungkinkan plastik untuk di cetak, dan *Polypropylene* (PP) untuk jenis kemasan produk kering/ snack.

Komposisi tinta yang digunakan untuk proses *printing* terdapat 7 panel warna yang berbeda dan dapat dikombinasikan tergantung kadar komposisi warna pada desain produk kemasan. Untuk susunan warna yang akan di cetak biasanya di mulai dari warna yang lebih gelap baru setelah itu untuk warna yang lebih terang di letakkan dibelakangnya secara berurutan.

Posisi cetak yang digunakan pada saat proses *printing* apakah dalam posisi dari cetak atas (*surface*) yaitu proses cetak dimulai dari warna yang terang ke warna yang gelap ataupun dalam posisi terbalik/ cetak bawah (*reverse*) yaitu proses cetak dimulai dari warna yang gelap ke warna yang terang.

Arah putaran gulungan roll dalam memproses kemasan apakah proses gulungan dari bawah ke atas ataupun dari atas ke bawah.



Viskositas tinta merupakan tingkat kerekatan tinta yang menempel di hasil cetak kemasan yang diuji melalui *celotape test*. Tingkat kerekatan tinta harus sesuai dengan spek yang telah ditentukan oleh QC dan *customer*. Pengaruhnya terhadap warna adalah warna rontok / luntur, timbul bercak tinta maupun bintik hitam serta jika tinta ofset yang encer dan pendek sangat mudah mengendap pada rol hantar air. Pengaruh Konsistensi dari sifat tinta cetak juga dapat berubah karena gerak tinta.

Ukuran desain kemasan harus sesuai dengan Sesuai dengan ukuran standar desain pitch up pada tampilan kemasan dan jarak antara fotosel satu dengan lainnya sesuai dengan desain produk kemasan.

Register warna merupakan tingkat presisi register pada saat proses print apakah sesuai dengan ukuran warna standar pitch circum pada tampilan kemasan sehingga warna yang timbul tidak melenceng, warna berkabut maupun blobor.

#### **4.1.4 Identifikasi *Defect* yang Berpengaruh Terhadap Kualitas Produk**

Kemasan produk produk x maupun yang bersifat *job order* dari perusahaan lain merupakan objek yang akan diteliti dalam penelitian ini. Pada kemasan produk yang diproduksi di Departemen *Printing* masih terdapat banyak jenis *defect*. Dengan adanya *defect* tentunya akan menurunkan tingkat kualitas produk yang juga akan mempengaruhi kebutuhan dan kepuasan pelanggan. Kaitannya dengan *Critical To Quality* (CTQ) adalah *Defect* terjadi akibat Karakteristik kualitas kunci suatu produk tidak memenuhi standart yang telah ditetapkan oleh CTQ itu sendiri.

Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap jenis-jenis *defect* yang berpengaruh pada kualitas kemasan produk di proses *Printing*. Setelah dilakukan wawancara dan diskusi dengan orang yang ahli dalam bidang kualitas di perusahaan, terdapat keterkaitan antara proses produksi yang telah digambarkan pada *Operational Process Chart* dengan terjadinya *defect* produk. Jenis *defect* produk pada kemasan produk di tingkat proses *printing* terdiri dari 8 jenis, yaitu sebagai berikut:

a. Miss Print

*Defect* jenis ini merupakan *defect* atribut dari proses *printing* dimana terjadi ketidaktepatan hasil cetak atau *register* dari proses 2 warna atau lebih yang

warnanya saling bertumpuk pada posisi yang sama. Secara umum miss register dibagi menjadi 3 kelompok yaitu : miss register kanan kiri, miss register naik turun dan miss register berputar (gabungan naik turun & kanan kiri). Miss print juga terjadi akibat *adhesion* yaitu tinta lemah yang menempel pada bahan kemasan



Gambar 4.12 Cacat *Miss Print* Kemasan Produk  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

b. Garis

*Defect* jenis ini merupakan *defect* atribut dimana terjadi baret atau garis yang melurus pada *background* (latar belakang) karena kran tinta kotor atau pompa saat persiapan tidak berjalan semestinya. Terdiri dari Baret besar (seperti besarnya *foto cell*), baret besar putus-putus, dan baret kecil seperti rambut.



Gambar 4.13 Cacat Garis pada Kemasan Produk  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

c. Bercak Tinta

Cacat jenis ini indikasinya adalah terlihat titik-titik (dot) yang tidak teratur memanjang di sekitar *background* akibat adanya partikel yang sangat keras & kecil seperti potongan rambut di bagian bawah *doctor blade* (fungsinya: untuk menyapu dan memisahkan tinta agar tinta tidak naik seluruhnya dan ikut berputar pada silinder acuan cetak).



Gambar 4.14 Cacat Bercak Tinta pada Kemasan Produk  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

d. Cetakan Blobor

Jenis *defect* yang terjadi jika penampilan tinta yang tidak rata pada bagian tepi maupun luar cetakan akibat viskositas tinta terlalu tinggi (kental) sehingga menyebabkan hasil cetakan print blobor sepanjang bahan dasar kemasan plastik dan tinta tidak menempati rancangan desain.



Gambar 4.15 Cacat Blobor pada Kemasan Produk  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

e. Warna

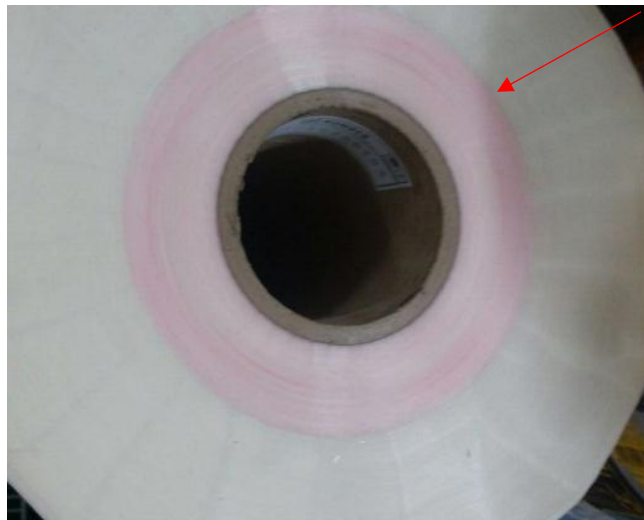
*Defect* warna terjadi jika warna tidak sesuai atau melenceng dari desain spesifikasi warna yang telah dibuat. Biasanya gejalanya adalah timbul warna yang berbeda pada area yang dicetak dan penyebabnya adalah komposisi tinta yang tidak benar.



Gambar 4.16 Cacat Warna pada Kemasan Produk  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

f. *Blocking*

*Defect blocking* terjadi jika tinta terlalu tebal akibat kelebihan palstticizer ink atau varnish (tinta tidak sesuai kadar) maupun bahan pengeras tinta terlalu banyak.



Gambar 4.17 Cacat *Blocking* pada Kemasan Produk  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

g. *Bintik*

*Defect* ini ditandai dengan timbulnya bintik pada bagian permukaan hasil print berupa titik-titik dot biasanya akibat pengeringan terlalu tinggi.





Gambar 4.18 Cacat Bintik pada Kemasan Produk  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

h. Tinta kering

Tinta kering merupakan *defect* yang timbul jika tinta lemah yang menempel pada bahan sehingga menyebabkan *defect* lainnya seperti warna tidak standart.



Gambar 4.19 Cacat Tinta Kering pada Kemasan Produk  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

i. *Blusseing*

*Defect* ini terjadi jika Tampilan hasil cetak tidak bersifat *glossy* (mengkilap). Penyebabnya adalah panas heater pada saat proses *printing* terlalu rendah dibandingkan hembusan blower maupun komposisi tinta yang keliru.



Gambar 4.20 Cacat *Blusseing* pada Kemasan Produk  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

j. *Mottling*

*Defect* ini terjadi jika hasil cetakan print seperti kulit jeruk pada permukaan bahan kemasan yang kasar akibat kecepatan proses tidak tepat maupun viskositas tinta dan solvent warna tidak terlarut dengan benar.



Gambar 4.21 Cacat *Mottling* pada Kemasan Produk  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

#### 4.1.5 Penentuan *Defect* yang Akan Diteliti dengan Diagram Pareto

Berdasarkan jenis-jenis *defect* pada kemasan produk di Proses *Printing* yang telah didefinisi sebelumnya, maka langkah selanjutnya adalah dilakukan penentuan *defect* yang dipilih menjadi prioritas untuk dibahas lebih lanjut dalam penelitian ini. Penentuan *defect* yang dipilih adalah berdasarkan pada jumlah *defect* yang terbesar pada masing-masing jenis *defect*. Berikut ini identifikasi jenis-jenis *defect* pada kemasan di tingkat proses *printing* yang dikelompokkan, yaitu:

- a. Miss Print
- b. Garis
- c. Bercak Tinta
- d. Blobor
- e. Warna
- f. *Blocking*
- g. Bintik Hitam
- h. Tinta kering
- i. *Blusseing*
- j. *Mottling*

Berdasarkan data sekunder dari perusahaan yang sudah diperoleh, maka dapat diketahui jumlah *defect* produk dari masing-masing jenis-jenis *defect* yang berpengaruh dimana ditunjukkan pada Tabel 4.2 berikut ini :

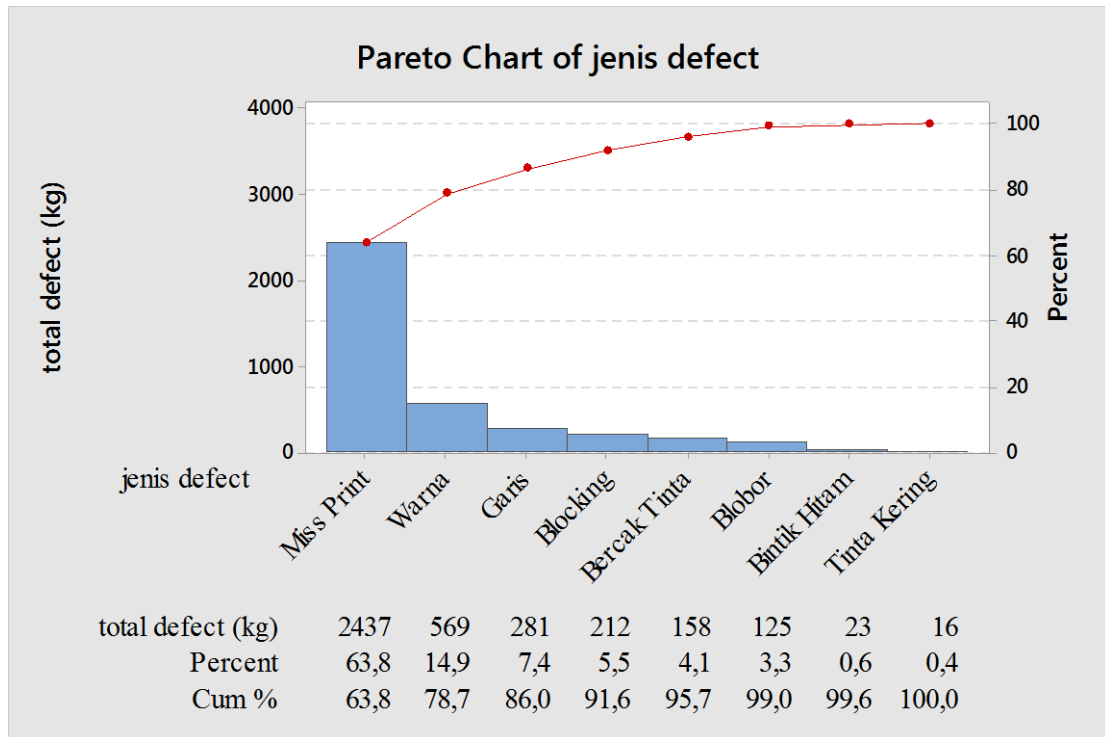
Tabel 4.2 Jumlah *Defect* Kemasan produk yang Berpengaruh Pada Periode Januari-September 2017

No	Jenis Defect	Jumlah Kasus	Total Defect (kg)	Persentase (%)
1	Miss Print	131	2436,62	63,79
2	Garis	19	280,94	7,35
3	Bercak Tinta	13	157,84	4,13
4	Blobor	5	124,61	3,26
5	Warna	4	569,49	14,91
6	<i>Blocking</i>	5	211,59	5,54
7	Bintik Hitam	2	22,55	0,59
8	Tinta Kering	1	16,38	0,43
9	<i>Blusseing</i>	0	0	0
10	<i>Mottling</i>	0	0	0
Total		180	3820,02	100

Sumber : Departemen *Printing*



Berikut di bawah ini merupakan diagram pareto untuk jenis *defect* yang akan diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan pada proses *printing*.



Gambar 4.22 Diagram Pareto jumlah *defect* pada proses *printing* dari masing-masing jenis *defect*

Berdasarkan Diagram Pareto pada gambar 4.22 tersebut dapat diketahui bahwa apa saja jenis defect yang akan dianalisa lebih lanjut dari masing-masing jenis *defect* yang berpengaruh. Berdasarkan aturan pareto yang menerapkan 80-20, maka dapat diambil tiga jenis *critical defect* yang akan dilakukan *improvement* pada proses *printing*. Ketiga jenis *defect* kritis tersebut adalah berupa jenis data *defect* atribut yaitu *defect* miss print yang memiliki persentase sebesar 63,8 %, *defect* warna yang memiliki persentase sebesar 14,9 % dan *defect* garis dengan persentase sebesar 7,4 %.

#### 4.2 Measure

Fase *measure* merupakan tahap pengukuran terhadap objek penelitian pada *critical* proses yaitu proses *printing*. Proses *printing* merupakan salah satu proses dalam pembuatan kemasan produk. Observasi dilakukan dengan memperoleh data

sekunder perusahaan terhadap jumlah *good product* dan jumlah *defect* pada proses *printing*. Pada tahap ini dilakukan pengukuran kinerja tingkat proses dengan melakukan perhitungan nilai DPMO, level *sigma* proses dan kapabilitas proses. Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan pada tahap *measure*.

#### 4.2.1 Pengukuran Tingkat Kinerja Proses

Untuk melihat tingkat kinerja proses saat ini dilakukan perhitungan nilai DPMO (*Defect per Million Opportunities*) dan level *sigma* yang nantinya akan digunakan untuk menghitung kapabilitas proses yang berlangsung pada proses *printing*. Berdasarkan data yang telah tercatat pada bulan Januari – September 2017, pada proses *printing* terjadi cacat dengan jenis cacat yaitu miss print, warna, garis, blocking, bercak tinta, blobor, bintik hitam dan tinta kering. Berdasarkan data total produk cacat dan total produksi didapatkan perhitungan DPMO sebagai berikut ini berdasarkan rumus (2-1) pada bab dua.

$$DPMO = \left( \frac{\text{banyaknya unit yang gagal}}{\text{banyaknya unit yang diperiksa}} \right) \times 1.000.000$$

$$DPMO = \left( \frac{58870,55}{3204533,27} \right) \times 1000000 = 18371,02$$

Berdasarkan DPMO diatas selanjutnya menentukan level *sigma*, dengan cara perhitungan seperti berikut ini berdasarkan rumus (2-2) pada bab 2 :

$$Level\ sigma = normsinv \left( \frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$Level\ sigma = normsinv \left( \frac{1.000.000 - 18371,02}{1.000.000} \right) + 1,5 = 3,58$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa proses *printing* pada produksi pembuatan kemasan produk saat ini masih rendah karena nilai DPMO masih tinggi, yaitu sebesar 18371 yang dapat diinterpretasikan bahwa dari satu juta kesempatan yang ada akan terdapat 18371 kemungkinan bahwa proses *printing* akan menghasilkan cacat. Nilai DPMO kemudian dikonversikan ke dalam level *sigma* dan diperoleh nilai 3,58 *sigma*. Nilai tersebut masih dapat dikategorikan baik untuk industri di Indonesia karena rata-rata industri di Indonesia masih berada pada

tingkat 3 *sigma*, namun level *sigma* tersebut belum mampu bersaing di kelas dunia yang memiliki pengendalian kualitas pada level 6 *sigma*. Namun jika di dalam proyek *six sigma* nilai tersebut masih dikategorikan rendah karena tujuan dari proyek *six sigma* adalah mempunyai kapabilitas proses pada tingkat pengendalian 6 *sigma* sehingga menghasilkan kemungkinan kegagalan 3,4 per satu juta kesempatan.

#### 4.2.2 Penentuan Kapabilitas Proses

Nilai kapabilitas proses ( $C_p$ ) digunakan untuk mengetahui kemampuan dari proses saat ini dalam menghasilkan produk yang memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan nilai kapabilitas proses *printing* berdasarkan rumus (2-6) pada bab 2:

$$C_p = \left( \frac{\text{Level Sigma}}{3} \right) = \left( \frac{3,58}{3} \right) = 1,19$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui bahwa kapabilitas *printing* pada mesin *printing* kemasan produk secara keseluruhan saat ini masih rendah, Karena nilai  $1,00 \leq C_p \leq 1,99$ , yaitu  $C_p = 1,19$  maka kapabilitas proses berada pada posisi tidak cukup mampu untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi produk yang ditetapkan oleh manajemen perusahaan karena target perusahaan adalah 99 % *output* produk yang melalui proses *printing* harus sesuai spesifikasi atau persentase maksimal *defect* tidak lebih dari 1 % dan jika dikonversikan ke target nilai  $C_p$  berdasarkan pada lampiran 5, nilai  $C_p \geq 1,28$ . Sehingga nilai  $C_p$  sebesar 1,19 dan nilai  $C_p$  tersebut kurang dari 1,28 (target perusahaan) maka kapabilitas proses diidentifikasi tidak mencapai target spesifikasi dan masih perlu dilakukan peningkatan proses guna mencapai kegagalan nol.

#### 4.3 Analyze

Pada tahap sebelumnya telah dilakukan perhitungan nilai DPMO dan level *sigma* dari proses *printing* pada mesin *printing* kemasan produk. Nilai DPMO masih tinggi yaitu sebesar 18371,02 yang dapat diartikan bahwa dari satu juta kesempatan yang ada akan terdapat 18371,02 kemungkinan bahwa proses

pencetakan dan print kemasan pada mesin *printing* akan menghasilkan produk cacat. Level *sigma* juga masih rendah yaitu sebesar 3,58.

Dari perhitungan kapabilitas proses ( $C_p$ ) pada proses *printing* pada mesin *print* kemasan saat ini dikatakan masih rendah yaitu 1,19 karena nilai  $C_p$  berada pada range dibawah target perusahaan yang menetapkan  $C_p \geq 1,28$ . Berdasarkan nilai  $C_p$  tersebut, kapabilitas proses diidentifikasi tidak mencapai target spesifikasi perusahaan dan masih perlu dilakukan perbaikan sehingga diperlukan adanya tahap *improve* atau peningkatan perbaikan yang diharapkan dapat menurunkan nilai DPMO sehingga dapat meningkatkan level *sigma* dan kapabilitas proses print kemasan pada mesin *printing*

Pada Fase *Analyze* ini bertujuan untuk menemukan prioritas penyebab masalah kualitas kemasan produk yang mengalami *defect* pada proses *printing* yang merupakan *critical* proses berdasarkan data *pareto chart defect* dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Informasi tentang hal-hal yang menyebabkan permasalahan tersebut didapatkan dari hasil wawancara dengan operator dan karyawan yang bersangkutan ahli di bidangnya serta melakukan observasi langsung di Departemen *Printing*.

#### **4.3.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)**

Pembuatan FMEA dilakukan dengan tujuan untuk menganalisa kegagalan proses yang potensial dan mengevaluasi kegagalan tersebut. Dengan menggunakan FMEA peneliti dapat mengetahui kegagalan yang memberikan kontribusi terbesar terhadap masing-masing *defect* kritis sehingga menjadi prioritas untuk diberikan rekomendasi perbaikan.

Proses pengisian Tabel FMEA melalui proses *brainstorming* dengan pihak perusahaan yang berpengalaman yang dalam hal ini dilakukan berdasarkan penilaian dari para ahli produksi, ahli *quality control* (QC), dan ahli *Maintenance* di departemen *Printing* dimana kualifikasi responden lebih detail terdapat di lampiran 4. Pengisian kuisisioner bertujuan untuk menentukan nilai skala *severity*, *occurrence* dan *detection* pada setiap *failure mode* pada Tabel FMEA. Perhitungan dan penilaian yang telah dilakukan oleh para ahli tersebut mengacu pada definisi skala SOD yang telah dibuat sesuai dengan jenis *defect* yang menjadi fokus untuk

dilakukannya *improvement*. Dalam penggunaan FMEA ini, penilaian dan pembobotan didasarkan dari hasil kesepakatan bersama dengan pihak perusahaan. Berikut ini merupakan kriteria dari rating *severity*, *occurance* dan *detection*.

#### 1. *Severity*

*Severity* atau pengaruh buruk merupakan suatu perkiraan subyektif mengenai kerumitan (keseriusan) suatu kegagalan dan bagaimana buruknya pengguna akhir akan merasakan akibat dari kegagalan tersebut. Penilaian *severity* menggunakan skala 1-10. Nilai *severity* diperoleh melalui penilaian *rating* dari pihak perusahaan langsung terhadap dampak dan gangguan yang ditimbulkan dari potensi tiap kegagalan yang terjadi dalam hal ini kegagalan tersebut adalah akar penyebab (*cause*) paling kritis dari setiap jenis *defect* pada hasil *Cause and Effect Diagram* yang telah diidentifikasi sebelumnya. Penilaian *rating* tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 berikut ini :

Tabel 4.3 Skala dari *severity*

<i>Rating</i>	<i>Kriteria Severity</i>	<i>Effect</i>
1	Spesifikasi produk sesuai walaupun terdapat bentuk kegagalan Kerugian waktu yang sangat kecil sekali ( < 1 menit) Tidak berdampak secara signifikan pada perusahaan dan konsumen	<i>None</i>
2	Spesifikasi produk tidak sesuai tetapi diterima Kerugian waktu yang kecil (1-3 menit) Menyebabkan sedikit gangguan / kekecewaan pada konsumen dan perusahaan	<i>Very Minor</i>
3	Spesifikasi produk tidak sesuai tetapi diterima Kerugian waktu yang agak rendah ( 3-5 menit) Menyebabkan banyak gangguan / kekecewaan pada konsumen dan perusahaan	<i>Minor</i>
4	Spesifikasi produk tidak sesuai tetapi diterima Kerugian waktu yang rendah (5 – 10 menit) Menyebabkan banyak sekali gangguan / kekecewaan pada konsumen dan perusahaan	<i>Very Low</i>
5	Cacat produk ( <i>defect</i> ) tidak mempengaruhi proses berikutnya Kerugian waktu yang cukup tinggi ( 10 – 15 menit) Menyebabkan Performansi Proses produksi yang beroperasi berkurang	<i>Low</i>

Tabel 4.4 Skala dari *severity* (lanjutan)

<i>Rating</i>	<i>Kriteria Severity</i>	<i>Effect</i>
6	Cacat produk ( <i>defect</i> ) mempengaruhi proses berikutnya	<i>Moderate</i>
	Kerugian waktu yang tinggi ( 15 – 30 menit)	
	Menyebabkan Performansi Proses produksi yang beroperasi berkurang	
7	Cacat produk ( <i>defect</i> ) mempengaruhi 1-2 proses berikutnya	<i>High</i>
	Kerugian waktu yang sangat tinggi ( 30 – 45 menit)	
	Menyebabkan Performansi Proses produksi yang beroperasi berkurang	
8	Cacat produk ( <i>defect</i> ) mempengaruhi 3-4 proses berikutnya	<i>Very High</i>
	Kerugian waktu yang sangat tinggi dan sedikit tidak diterima ( 45 -60 menit )	
	Menyebabkan hilangnya performansi dari fungsi utama ( <i>breakdown</i> )	
9	Kegagalan mengakibatkan langsung menjadi <i>waste</i>	<i>Hazardous with Warning</i>
	Kerugian waktu yang mendekati tidak diterima ( 60-120 menit )	
	Menyebabkan hilang performansi dan berdampak pada Kegagalan yang didahului peringatan dan membahayakan operator	
10	Kegagalan mengakibatkan langsung menjadi <i>waste</i>	<i>Hazardous without Warning</i>
	Kerugian waktu yang tidak dapat diterima ( > 120 menit)	
	Kegagalan akan terjadi tanpa didahului peringatan dan membahayakan operator	

## 2. *Occurance*

*Occurance (likelihood)* atau rangking kemungkinan merupakan perkiraan subyektif tentang probabilitas atau peluang bahwa penyebab itu terjadi dan menghasilkan mode kegagalan yang memberikan akibat tertentu. Nilai *occurance* pada masing-masing akar penyebab (*cause*) paling kritis dari jenis *defect Miss Print* , Warna yang tidak sesuai dengan spesifikasi dan *defect* garis yang terdapat pada kemasan produk diperoleh melalui penilaian *rating* dari pihak perusahaan terhadap tingkat keseringan atau *probability* dari terjadinya kegagalan atau melalui perhitungan antara jumlah yang tidak sesuai dengan kriteria dibanding dengan jumlah total produksi. Perhitungan perbandingannya nantinya disesuaikan dengan

definisi *occurance*. Skala terhadap *occurance* adalah 1-10. Berikut ini merupakan kriteria dari *occurance* yang digunakan dalam menentukan rangking *occurance* pada Tabel FMEA ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6 Skala *Occurance* (O)

<i>Rating</i>	<i>Kriteria occurrence</i>	<i>Failure Probability (Occurance)</i>	<i>Effect</i>
1	Tidak terjadi peluang kegagalan produk (kegagalan mustahil)	< 1 in 150000	Tidak ada
2	Hanya kegagalan yang terisolasi yang berkaitan dengan proses hamper identic	1 in 150000	
5	Kegagalan umumnya berkaitan dengan proses sebelumnya tetapi dalam jumlah kecil	1 in 400	Sangat Rendah
6	Kegagalan umumnya berkaitan dengan proses sebelumnya tetapi dalam jumlah sedang	1 in 80	
7	Kegagalan umumnya berkaitan dengan proses terdahulu yang mengalami kegagalan cukup besar	1 in 20	
8	Kegagalan umumnya berkaitan dengan proses terdahulu yang mengalami kegagalan besar	1 in 8	Tinggi
9	Kegagalan umumnya berkaitan dengan proses terdahulu yang mengalami kegagalan sangat besar	1 in 3	Sangat Tinggi
10	Kegagalan hampir tidak dapat dihindari	1 in 2	

### 3. *Detection*

*Detection* merupakan perkiraan subyektif mengenai suatu metode pencegahan atau deteksi yang dapat menghilangkan mode kegagalan dan tingkat kemungkinan lolosnya penyebab kegagalan dari kontrol yang sudah dilakukan. Skala yang digunakan penilaian *detection* adalah 1-10. Nilai *rating Detection* diperoleh melalui penilaian *rating* dari pihak perusahaan langsung terhadap tingkat mudah atau tidaknya mendeteksi dari terjadinya kegagalan, dalam hal ini kegagalan tersebut adalah *cause* dari setiap jenis *defect* pada hasil wawancara dan pengamatan langsung ke lapangan. Berikut ini merupakan kriteria dari *Detection* yang digunakan dalam menentukan rangking *Detection* pada Tabel FMEA ditunjukkan pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.7 Skala *Detection* (D)

Rangking	Kriteria <i>Detection</i>	Kemungkinan mendeteksi
1	Kegagalan dapat diketahui langsung dan hasil deteksi sangat akurat Frekuensi deteksi kesalahan sangat kecil Tidak membutuhkan alat bantu yang rumit	Hampir pasti
2	Kegagalan dapat diketahui langsung dan hasil deteksi akurat Kesalahan dalam mendeteksi dapat segera diketahui Tidak membutuhkan alat bantu yang rumit	Sangat tinggi
3	Kegagalan dapat diketahui langsung dan hasil deteksi akurat Kesalahan dalam mendeteksi dapat segera diketahui saat proses langsung Membutuhkan alat bantu tertentu	Tinggi
4	Kegagalan dapat diketahui langsung namun tidak terlalu mudah dan hasil deteksi masih akurat Kesalahan mendeteksi dapat segera diketahui saat proses berakhir Membutuhkan alat bantu tertentu	Agak tinggi
5	Kemampuan mendeteksi kegagalan tidak terlalu mudah dan hasil deteksi hampir melebihi batas toleransi Kesalahan mendeteksi muncul setelah ada analisa lebih lanjut Membutuhkan alat bantu tertentu	Sedang
6	Kemampuan mendeteksi kegagalan tidak terlalu mudah dan hasil deteksi melebihi batas toleransi Kesalahan mendeteksi muncul setelah diadakan evaluasi Membutuhkan alat bantu tertentu	Rendah
7	Kemampuan mendeteksi kegagalan tidak terlalu mudah dan hasil deteksi diragukan Kesalahan mendeteksi muncul setelah diadakan evaluasi Membutuhkan penggunaan alat bantu yang cukup rumit	Sangat rendah
8	Kemampuan mendeteksi kegagalan tidak dapat dilakukan dan hasil deteksi diragukan Membutuhkan penggunaan alat bantu yang cukup rumit dan sukar didapat	Jarang



Tabel 4.8 Skala *Detection* (D) (lanjutan)

Rangking	Kriteria <i>Detection</i>	Kemungkinan mendeteksi
9	Kemampuan mendeteksi kegagalan tidak bisa dilakukan dan hasil deteksi memiliki keakuratan buruk Kesalahan mendeteksi muncul setelah diadakan evaluasi oleh pihak manajemen Membutuhkan penggunaan alat bantu yang cukup rumit dan sukar didapat	Sangat jarang
10	Kegagalan sama sekali tidak dapat dideteksi Kesalahan dalam mendeteksi dapat segera diketahui Tidak membutuhkan alat bantu yang rumit	Hampir tidak mungkin

Penilaian rangking pada *severity*, *occurance*, dan *detection* tersebut dinilai oleh masing-masing bagian yang bersangkutan pada Departemen *Printing* yang terkait dengan tiap jenis *defect*, agar penilaiannya sesuai dengan kondisi *real* yang terjadi. Pihak yang terlibat diantaranya: 1 orang ahli di Bagian Produksi, 1 orang Supervisor Proses *Printing*, 1 orang di bagian *quality Control* untuk penilaian *rating* jenis *priority defect* pada proses *printing*.

Pada Tabel FMEA terdapat beberapa kolom yaitu *Potential Failure Mode*, *Potential Failure Effect*, *Potential Failure Cause*, *Current Control* dan Tabel untuk nilai *severity*, *occurance* dan *detection*. *Potential Failure Mode* merupakan mode kegagalan yang terjadi. *Potential Failure Effect* adalah akibat yang ditimbulkan oleh mode kegagalan yang terjadi dan *Potential Failure Cause* adalah apa yang menyebabkan mode kegagalan tersebut dapat terjadi. *Current Control* adalah tindakan tertentu yang telah dilakukan perusahaan untuk mengatasi mode kegagalan yang terjadi. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) didapatkan dengan melakukan perkalian terhadap nilai *severity*, *occurance* dan *detection*. Pembuatan Tabel FMEA dilakukan untuk masing-masing jenis *defect* kritis kemasan produk di Departemen *Printing*. Berikut adalah Tabel 4.9 dan table 4.10 yang menjelaskan tentang Tabel FMEA untuk *defect Miss Print*, Tabel 4.11 yang menjelaskan Tabel FMEA *defect* warna kemasan yang tidak sesuai spesifikasi dan Tabel 4.12 yang menjelaskan Tabel FMEA untuk *defect* garis yang timbul di kemasan produk.

Tabel 4.9 Tabel FMEA untuk *Defect Miss Print*

<i>Key Process Input</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Failure Effect</i>	<i>Severity (S)</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurance (O)</i>	<i>Current Controls</i>	<i>Detection (D)</i>	<i>S x O x D = RPN</i>
<b>Miss Print</b>	Komponen cylinder	Tention pada layer film tidak bisa stabil	6	Setting tention tidak tepat	4	Set up ulang komponen	1	24
		Tekanan impression roll pada bagian cyl rendah	7	Diameter cylinder tidak sama	8	Naikkan tention unwinder, Kurangi tekanan impression rol pada bagian cyl besar	3	168
		Kerusakan bearing di cyl, impression roll dan idle roll	8	Komponen bearing tidak presisi	7	Lakukan pengecekan dan pergantian komponen bearing	4	224
		Timbul gejala tidak lancar pada proses print	6	Gear pada cylinder aus	9	Pengecekan gear	6	324
	Hazing (warna kabur pada area tercetak)	Poor Doctoring (parutan blade pada screen tidak bisa rata)	5	Perawatan komponen doctor blade kurang baik	3	Gunakan Stepped (tingkatan) doctor Blade	2	30
		Terlalu banyak akrilik pada vinyl ink	4	Formula polimer akrilik tidak tahan terhadap alkali	4	Hubungi ink maker	3	48
		Hasil chrome pada cylinder kasar	7	Daerah unengraved kasar tidak tercetak	10	Gosok / amplas cyl dengan 600 emery (amplas)	4	280

Tabel 4.10 Tabel Lanjutan FMEA untuk *Defect Miss Print*

<i>Key Process Input</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Failure Effect</i>	<i>Severity (S)</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurance (O)</i>	<i>Current Controls</i>	<i>Detection (D)</i>	$S \times O \times D = RPN$
<i>Miss Print</i>	<i>Hazing</i> (warna kabur pada area tercetak	Tinta terlalu kering untuk melumasi / melicinkan	6	<i>Control solvent</i> tinta yang tidak kontinyu	2	Menambah <i>slower solvent</i> pada campuran <i>solvent</i>	2	24

Tabel 4.11 Tabel FMEA untuk *Defect* Warna

<i>Key Process Input</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Failure Effect</i>	<i>Severity (S)</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurance (O)</i>	<i>Current Controls</i>	<i>Detection (D)</i>	<i>S x O x D = RPN</i>
Warna	Warna tidak standart	Viskositas & <i>Density</i> tinta tidak sesuai	7	Komposisi tinta belum benar	5	Mengatur viskositas & <i>density</i> sesuai acuan warna	2	70
		Tampilan warna cetakan tidak sesuai (tipis)	4	Raster <i>cyl</i> dangkal	3	Kontrol proses <i>remakes</i> / <i>rekrome cylinder</i>	1	12
	Warna tidak teratur	Kelebihan <i>Pigmentation</i> pada tinta	2	Kadar kekuatan warna tidak standart	4	Cek kedalaman <i>cylinder</i> ,Dibutuhkan pembesaran volume <i>cell</i> dan pengecer tinta	3	24

Tabel 4.12 Tabel FMEA untuk *Defect* Garis

<i>Key Process Input</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Failure Effect</i>	<i>Severity (S)</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurance (O)</i>	<i>Current Controls</i>	<i>Detection (D)</i>	<i>S x O x D = RPN</i>
<b>Garis</b>	Garis besar	Tinta kotor	4	Tinta terkontaminasi kotoran	3	Pembersihan pada bagian <i>bowl</i> pengisi tinta	3	36
		Komposisi tinta tidak sesuai	7	Tinta bagus tercampur tinta kering	2	Pembersihan pada bagian <i>bowl</i> pengisi tinta	3	42
	Garis besar putus-putus	Setting <i>doctor blade</i> tidak sesuai	3	Pemasangan <i>doctor blade</i> terlalu lebar	2	Setting <i>doctor blade</i> sesuai SOP	2	12
		Setelan penempatan Pelampung salah	2	Kotoran dari busa tinta	1	Cek pelampung di bak tinta	3	6
		Keran tinta kotor	2	Adanya partikel yang sangat keras dan kecil di bagian bawah <i>doctor blade</i>	3	Pembersihan <i>impression roll</i> yang sudah kotor, bersihkan <i>blade</i> , tinta dari partikel dan sistem aliran tinta	2	12
	Garis kecil seperti rambut	Hasil print terdapat pola garis	1	<i>Doctor Blade</i> kurang halus	3	Cek permukaan <i>doctor blade</i> & dibersihkan dengan amplas 500	2	6
		Blade mudah aus	2	Viskositas tinta tinggi	5	Penambahan pengencer <i>solvent</i>	1	10
		Kotoran mudah tersangkut	3	<i>Doctor Blade</i> terlalu keras menekan	4	Setting <i>doctor blade</i> sesuai SOP	2	24

Tabel 4.13 Tabel Lanjutan FMEA untuk *Defect* Garis

<i>Key Process Input</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Failure Effect</i>	<i>Severity (S)</i>	<i>Potential Causes</i>	<i>Occurance (O)</i>	<i>Current Controls</i>	<i>Detection (D)</i>	<i>S x O x D = RPN</i>
<b>Garis</b>	Garis cetakan <i>double</i>	Timbul pigmen di sepanjang <i>doctor blade</i>	4	Pigmen semi hard (agak padat / solid / menggumpal) dibawah <i>doctor blade</i>	3	Berikan tekanan yang rendah pada sekitar tempat terjadinya garis	2	24
	Garis pada <i>background</i>	Keran tinta kotor	2	Adanya partikel yang keras di bagian bawah <i>doctor blade</i>	4	Bersihkan sistem aliran tinta (bak,keran,filter,pump)	2	16

Setelah membuat FMEA untuk masing-masing jenis *defect* yang kritis, langkah berikutnya yang dilakukan adalah menentukan prioritas perbaikan dengan melihat dari nilai RPN tertinggi untuk masing-masing *potential Failure Mode* pada masing-masing jenis cacat yaitu *Miss print*, Warna dan garis. Berikut adalah Tabel 4.14 yang menjelaskan rekap nilai RPN untuk tiap jenis *Potential Failure Mode defect*.

Tabel 4.14 Rekap Nilai RPN Untuk Masing-Masing Jenis Cacat

Jenis Defect	Jenis Kegagalan	Nilai RPN
<i>Miss Print</i>	Komponen Cylinder ( <i>gear</i> )	324
	<i>Hazing</i> (warna kabur pada area tercetak)	280
Warna	Komponen Cylinder ( <i>Bearing</i> )	224
	Warna tidak standart	70
Garis	Garis besar	42
	Garis kecil seperti rambut	24
	Garis cetakan double	
	Garis pada background	16

Dari Tabel 4.14 diatas dapat dijelaskan bahwa *defect Miss Print* memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 324. Faktor penyebab mode kegagalan ini adalah *Gear* pada *cylinder* dalam keadaan aus dan akan berdampak pada timbulnya gejala tidak lancar pada proses *printing* kemasan produk. Penyebab *gear* aus juga karena operator *maintenance* tidak menjalankan SOP nya dengan tepat waktu dimana seharusnya pihak *maintenance* yang bertanggung jawab memonitoring komponen *gear* untuk dilakukan setiap pagi hari namun kenyataan yang terjadi di lapangan dilakukan dua hari sekali di pagi hari.

Nilai RPN tertinggi berikutnya pada *defect miss print* adalah 280. Faktor penyebab mode kegagalan ini adalah daerah kasar *unengraved* yang tidak tercetak. Penyebabnya adalah terdapat daerah kasar karena kurang ratanya lapisan pelindung (*chrome*) pada *cylinder* ataupun terdapat proses cacat dalam *press roll* dan berpengaruh terhadap *ink make* tidak tercetak sehingga menimbulkan belang dan menyebabkan *defect miss print* akibat penekanan tinta terhadap lembar kemasan tidak teratur. Proses kontrolnya dilakukan dengan men-*stop* mesin lalu membongkar silinder untuk dilakukan pembersihan tinta-tinta pada cetakan kemudian mesin dihidupkan kembali dengan kecepatan pelan (100 rpm) sambil dilakukan proses penggosokan oleh kepala grup operator menggunakan *emery*

(amplas) dengan gerakan memutar di permukaan *cylinder* agar permukaan silinder kembali seperti keadaan semula.

Nilai RPN tertinggi ketiga pada *defect Miss Print* memiliki nilai 224. Faktor penyebab mode kegagalan ini adalah komponen *bearing* pada *cylinder* tidak presisi yang berdampak pada terganggunya komponen disekitar *bearing* yang saling berintegrasi seperti *impression roll* dan *idle roll*. Jika *bearing* oblok terkait dengan ketepatan cetak (*register*) akan berdampak pada gambar atau tulisan lari (*miss print*) yang timbul setelah selesai proses cetak karena tingkat presisi dari *bearing* menentukan jalannya *pressroll* untuk membuat tekanan pada hasil cetak. Untuk tingkat severity, kerugian akibat dari kerusakan *bearing* berdampak pada molornya proses yang terjadi akibat kerugian waktu dan menyebabkan turunnya *performansi* proses untuk membuka dan mengganti komponen karena pada komponen *bearing* terbungkus dengan *gearbox* sehingga agak sulit untuk bongkar pasang komponen. Untuk mendeteksi gejala kerusakan tersebut, dilakukan dengan memonitoring keadaan cetakan print di layer dan biasanya *defectnya* timbul gak langsung dalam keadaan jelek namun terjadi secara random yaitu terjadi *defect miss print* sepanjang beberapa meter produksi selanjutnya bagus namun beberapa meter lagi terjadi *miss print* kembali. Sehingga perlu dilakukan pengawasan secara berkala dan periodik dan biasanya dilakukan pada hari minggu pada saat pengecekan seluruh komponen. Indikasi *bearing* tidak normal yaitu suara getaran proses pada *bearing* berubah. Pengecekan *bearing* biasanya dengan mengoleskan griz yaitu bahan pelicin semacam oli untuk mengembalikan *performansi bearing* sesuai standarnya. Dalam sekali pengecekan membutuhkan waktu 1-2 jam untuk bongkar-pasang mesin sehingga *rating severity* nya bernilai tinggi karena sekali bongkar dan pengecekan mesin distop yang otomatis produksi juga berhenti.

Untuk jenis *defect* warna, nilai RPN tertinggi adalah 70 dengan penyebab mode kegagalan yaitu komposisi tinta yang digunakan dalam proses mencetak tidak sesuai standar yang menjadi acuan dalam pembuatan kemasan produk. Penyebabnya adalah tercampurnya tinta bekas dengan tinta baru walaupun dengan spek viskositas dan *density* sama namun biasanya solvennya tidak sama dengan acuan desain produk.



Nilai RPN tertinggi pada jenis *defect* garis adalah garis besar dengan nilai RPN 42, penyebabnya adalah tinta bagus tercampur tinta kering yang telah mengendap di dasar *bowl* (wadah penampung tinta) setelah *Work In Process* (WIP) yang didalamnya juga terdapat partikel-partikel kotoran sehingga jika tercampur dengan tinta bagus, kualitas *colour strength*nya ikut berubah . Akibatnya komposisi kandungan tinta pun ikut berubah dan tidak sesuai dengan warna desain yang akan dicetak. Biasanya terjadi karena *Human Error* yaitu operator yang tidak menjalankan SOP dengan baik pada saat pengecekan viskositas tinta. Pengecekan viskositas menggunakan alat *SunCup* atau *Rhiboosa* dengan standarisasi 15-16 detik pengamatan. Jika tinta bagus sudah terkontaminasi dengan tinta kering, cara penanganannya dilakukan dengan melakukan pengurasan dan pembersihan pada bagian *bowl* pengisi tinta.

Nilai RPN tertinggi selanjutnya pada *defect* garis memiliki nilai RPN 36. Faktor penyebab mode kegagalan ini adalah tinta terkontaminasi partikel kotoran akibat pada saat proses filtrasi tinta tidak optimal sehingga kotoran tidak tersaring dan ikut bercampur dengan tinta fresh. Proses filtrasi dilakukan sebelum proses *printing* bersamaan dengan dilakukan pengecekan kadar viskositas dan *density* kandungan tinta. Kotoran yang ikut bersama tinta baru berupa pigmen kecil (akrilik) atau sejenis resin yang tidak bisa hancur pada saat proses grinding. Berikut gambar dibawah ini contoh tinta yang terkontaminasi kotoran



Gambar 4.23 Tinta Yang Tercampur Partikel Kotoran  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Cara penanganan jika terindikasi hasil print pada *layer* kemasan terdapat garis besar, maka dilakukan penutupan pada keran tinta sehingga bak tinta langsung dikeluarkan untuk dilakukan penyaringan dan pembersihan pada bagian *sphere bowl* pengisi tinta namun tanpa harus dilakukan pemberhentian proses produksi karena *bowl* dalam satu mesin produksi tidak hanya satu sehingga jika terdapat kendala pada salah satu *bowl* maka tidak akan mengganggu proses *printing*. Untuk spesifikasi pompa tinta terdapat beberapa macam yaitu dengan pompa angin dan listrik dan terdapat berbagai ukuran *bowl* mulai ukuran yang *small* sampai *large* tergantung kuantitas produksi membutuhkan seberapa banyak tinta untuk satu kali produksi kemasan.

Selanjutnya, untuk nilai RPN tertinggi berikutnya dengan nilai 24 yaitu faktor penyebab mode kegagalan pada komponen *doctor blade* yang terlalu keras menekan *layer* sehingga berdampak kemasan produk terdapat garis kecil seperti rambut karena jika terdapat kotoran mudah tersangkut pada kemasan pada saat *doctor blade* meletakkan tinta pada kemasan yang dicetak. Ukuran tekanan standart bar untuk *doctor blade* adalah  $\pm 2$ , Indikator *doctor blade* lama kelamaan berkurang akibat terkena getaran sehingga berdampak pada tekanannya terhadap peletakkan tinta pada bahan kemasan. Proses kontrol yang dilakukan perusahaan adalah pengecekan minimal 1 jam sekali untuk cek tekanan *doctor blade* bersamaan dengan cek viskositas pada tiap unit mesin.

Untuk nilai RPN 24 juga timbul akibat mode kegagalan garis cetakan *double* pada *defect* garis karena kandungan pigmen semi hard (agak padat) menggumpal dibawah *doctor blade*. Hal ini, juga akibat tekanan *doctor blade* terlalu tinggi. Pigmen seperti *jellying* (pigmen yang sudah lama menempel) di tinta terutama pada tinta yang bersifat transparan. Apabila terdapat *jellying* pada saat Tekanan *doctor blade* terlalu rendah, kotoran mudah tersangkut dan menimbulkan garis *double*.

#### **4.4 Improve (Penerapan Prinsip Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ).**

Tahap *improve* merupakan tahapan terakhir dalam metodologi DMAIC yang digunakan dalam penelitian ini. Pada tahap ini, peneliti memberikan rekomendasi perbaikan kepada prioritas masalah yang menyebabkan terjadi cacat produk pada perusahaan, yaitu memberikan usulan perbaikan terhadap proses produksi

berdasarkan analisa mode kegagalan dengan nilai RPN yang tertinggi di Tabel FMEA pada tahap sebelumnya (tahap *analyze*) dan diintegrasikan dengan metode TRIZ dengan tujuan mengeliminasi jumlah cacat produk untuk meningkatkan nilai *sigma*.

Pada proses ini dilakukan identifikasi kontradiksi matriks yang ada terkait parameter-parameter yang terlibat dalam masing-masing penyebab *defect* serta penentuan prinsip inovasi TRIZ terhadap masing-masing *technical response*.

#### 4.4.1 Kontradiksi-Kontradiksi Cacat

Di dalam proses *printing* dalam pembuatan kemasan produk, terdapat kontradiksi-kontradiksi permasalahan yang menjadi hambatan pada proses untuk tidak menghasilkan produk yang tidak cacat. Kontradiksi matriks yang menjadi hambatan pada proses *printing* untuk tidak menghasilkan cacat *miss print*, garis dan warna akan dijelaskan dalam bab ini.

##### 4.4.1.1 Kontradiksi - Kontradiksi Cacat *Miss Print*

Pada Tabel 4.15 menunjukkan kontradiksi-kontradiksi permasalahan pada FMEA berdasarkan RPN tertinggi pada Tabel FMEA cacat *miss print* yang menjadi hambatan pada proses untuk menghasilkan produk tidak mengalami cacat *miss print*

Tabel 4.15 Parameter Konflik Permasalahan Cacat *Miss Print*.

No	Kontradiksi
<i>Gear pada cylinder aus</i>	
1.	Interaksi dalam sistem >< Ketahanan <i>gear</i> (10) <i>force</i> >< (14) <i>strength</i>
2.	Kesesuaian Operasi >< Ketahanan <i>Gear</i> (29) <i>manufacturing presisi</i> >< (14) <i>Strength</i>
3.	Penyebab cylinder ( <i>gear</i> ) aus >< Gesekan di permukaan (31) <i>Object Generated harmful factor</i> >< (11) <i>Stress or pressure object</i>
4.	Kompleksitas elemen mesin >< Pendeteksian lokasi <i>gear</i> (36) <i>Device Complexity</i> >< (37) <i>Difficulty of detecting and measuring</i>
<i>Daerah kasar Unengraved tidak tercetak</i>	
1	Interaksi dalam sistem >< Ketahanan lapisan <i>chrome</i> (10) <i>Force</i> >< (14) <i>Strength</i>
2	Kerentanan perubahan posisi >< Kesesuaian Operasi (30) <i>External harm affects the object</i> >< (29) <i>Manufacturing Precision</i>

No	Kontradiksi
3	Kesederhanaan Operasi >< Kesesuaian Operasi (33) <i>Ease of Operation</i> >< (29) <i>Manufacturing Precision</i>
Komponen <i>bearing</i> pada <i>cylinder</i> tidak presisi	
1	Kontur <i>bearing</i> >< Pergerakan <i>press roll</i> (12) <i>Shape</i> >< (5) <i>area moving object</i>
2	Kerentanan menghasilkan <i>miss register</i> >< Kesesuaian Operasi (30) <i>external harm affect the object</i> >< (29) <i>Manufacturing Precision</i>
3	Kemudahan fabrikasi >< Kerentanan menghasilkan <i>miss register</i> (32) <i>ease of manufacturing</i> >< (30) <i>external harm affect the object</i>

- *Gear* pada *cylinder* aus

1. Interaksi dalam sistem >< Ketahanan *gear*

(10) *force* >< (14) *strength*

Didalam melakukan proses *printing* kecepatan gesek antar *gear* memerlukan interaksi dengan tekanan yang tinggi antara *gear* satu dengan *gear* lainnya. Hal ini dikarenakan kondisi *gear* dalam suhu yang tinggi akibat bergesekan satu sama lain dalam kecepatan yang tinggi sehingga membuat bagian permukaan *gear* mudah aus. Hal ini menyebabkan posisi mencetak tidak presisi karena *gear* rawan berubah akibat tidak kuatnya posisi *gear* jika dalam keadaan aus.

2. Kesesuaian Operasi >< Ketahanan *Gear*

(29) *manufacturing presisi* >< (14) *Strength*

Di dalam melakukan proses *printing*, *gear* akan didorong dengan diberikan tekanan yang tinggi terhadap posisi *bearing* yang berintegrasi dengan *doctor blade* untuk mendistribusikan tinta ke lembaran kemasan dalam kecepatan yang tinggi sehingga membuat posisi *doctor blade* tidak boleh bergeser. Dengan pemakaian tekanan yang tinggi, maka posisi elemen mesin yang terkait akan rentan menimbulkan pergeseran karena tidak kuatnya *gear* menahan tekanan maupun dorongan.

3. Penyebab *cylinder (gear)* aus >< Gesekan di permukaan

(31) *Object Generated harmful factor* >< (11) *Stress or pressure object*

Di dalam menjalankan proses *printing*, *gear* digunakan untuk membantu memperlancar kecepatan putaran *press roll* agar fungsi proses *printing* dapat berjalan dengan lancar. Jika *gear* dalam keadaan aus maka pasangan

roda gigi (*gear*) dapat menghambat pengerjaan karena sifat presisinya yang berjalan dalam kecepatan tinggi berkurang dengan kemampuannya menahan guncangan roll mesin cetak dalam proses *printing*. Seringnya intensitas gesekan antara *gear* untuk menggerakkan *bearing* membuat *gear* dapat aus.

4. Kompleksitas elemen mesin >< Pendeteksian lokasi *gear*

(36) *Device Complexity* >< (37) *Difficulty of detecting and measuring*

Pada mesin *Printing*, material yang diproses dari awal hingga bahan tercetak menjadi kemasan produk yang sesuai CTQ proses print dan spesifikasi pelanggan. Di dalam pemrosesannya, membutuhkan elemen mesin *printing* yang bermacam-macam (terdiri dari 8 tabung warna pada masing-masing *cylinder*). Jika kemasan produk terdapat cacat *miss print*, maka sulit untuk mendeteksi *gear* pada bagian mana penyebab terjadinya *miss print*. Kesulitan mendeteksi komponen *gear* bagian mana yang menjadi penyebab juga disulitkan karena ruang pemrosesan dalam keadaan tertutup.

- Daerah kasar *Unengraved* tidak tercetak

1. Interaksi dalam sistem >< Ketahanan lapisan chrome

(10) *Force* >< (14) *Strength*

Di dalam mencetak print yang terdapat dibagian lembaran kemasan, memerlukan interaksi dengan tekanan yang tinggi dari *roll press* untuk dapat mencetak dengan tepat sasaran agar sesuai dengan desain spesifikasi agar cetakan tepat sasaran, lapisan *chrome* di *cylinder roll press* memegang peranan penting dalam *cylinder*. Jika lapisan pelindung (*chrome*) kasar karena sudah mulai menipis, proses transfer *image artwork* dari komputer melalui proses gravir (*engrave*) tidak sempurna dan menyebabkan cetakan tidak tepat sasaran.

2. Kerentanan perubahan posisi >< Kesesuaian Operasi

(30) *External harm affects the object* >< (29) *Manufacturing Precision*

Kerentanan perubahan posisi bagian *Unengraved* yang tidak halus mengakibatkan kesalahan target pendorongan untuk transfer tinta. Apabila

*pressroll* mendorong tinta ke lapisan kemasan yang dicetak tidak dalam posisinya, maka penempatan tinta tidak akan presisi terhadap desain spesifikasi. Kerentanan perubahan posisi ini disebabkan karena terdapat gaya dengan kecepatan yang tinggi dalam operasi prosesnya.

3. Kesederhanaan Operasi >< Kesesuaian Operasi

(33) *Ease of Operation* >< (29) *Manufacturing Precision*

Di dalam proses *printing*, yang sulit adalah pada bagian persiapan. Apabila kesederhanaan persiapan operasi pemrosesan *printing* jenis *rotogravure* ingin lebih disederhanakan, maka produk yang dihasilkan tidak akan sesuai spesifikasi karena didalam persiapannya tidak mempertimbangkan pengukuran-pengukuran yang teliti dari posisi alat transfer tinta maupun posisi kemasan produk.

- Komponen *bearing* pada *cylinder* tidak presisi

1. Kontur *bearing* >< Pergerakan *press roll*

(12) *Shape* >< (5) *area moving object*

Di dalam mekanisme cara perputaran *bearing*, *gear* saling menopang untuk memberikan tekanan agar *bearing* dapat berputar untuk menggerakkan *press roll*. Adanya gerakan memutar ini menyebabkan lama kelamaan akan timbul celah jika kontur *bearing* tidak presisi sehingga pergerakan *press roll* tidak lancar dan berdampak pada pergerakan kemasan plastik tersendat dan arus transfer tinta berpindah area.

2. Kerentanan menghasilkan *miss register* >< Kesesuaian Operasi

(30) *external harm affect the object* >< (29) *Manufacturing Precision*

Tingkat Kepresisian komponen *bearing* pada *cylinder* sangat penting agar cetakan tinta sesuai dengan yang diharapkan. Karena *bearing* berfungsi sebagai penghubung antara *gear* dengan *press roll* . gesekan kecepatan perputaran *bearing* yang tinggi mengakibatkan tingkat presisinya berkurang. Dampak terbesarnya, Hasil print rentan mengalami *miss register* karena antar komponen *bearing*, *press roll*, *gear*, dan *doctor blade*

saling berintegrasi satu sama lain menghasilkan tingkat presisi yang tepat sasaran terhadap hasil cetak.

3. Kemudahan fabrikasi >< Kerentanan *menghasilkan miss register*  
(32) *ease of manufacturing* >< (30) *external harm affect the object*

Di dalam proses *printing* jenis *rotogravure*, proses cetaknya cukup simple karena *cylinder* yang terbuat dari besi yang dilapisi tembaga dan diatas permukaan *cylinder* tersebut ditransfer *image artwork* dari komputer melalui proses gravir (*engrave*) yang digerakkan dengan bantuin *bearing* dan terhubung oleh *gear* penggerak. Namun perputaran *bearing* secara cepat mengakibatkan rentan terjadinya *miss register* jika terdapat gangguan sekecil apapun.

#### 4.4.1.2 Kontradiksi-Kontradiksi Cacat Warna

Pada Tabel 4.16 menunjukkan kontradiksi-kontradiksi permasalahan pada FMEA berdasarkan RPN tertinggi pada Tabel FMEA cacat miss print yang menjadi hambatan pada proses untuk menghasilkan produk tidak mengalami cacat warna

Tabel 4.16 Parameter Konflik Permasalahan Cacat warna

No	Kontradiksi
	Warna tidak standart
1.	Kestabilan kadar viskositas & <i>density</i> tinta >< waktu yang terbangun (13) <i>stability of the object's composition</i> >< (25) <i>loss of time</i>
2.	Kestabilan kadar viskositas & <i>density</i> tinta >< material yang terbangun (13) <i>stability of the object's composition</i> >< (26) <i>quantity of substance</i>
3.	Takaran viskositas & <i>density</i> tinta >< waktu yang terbangun (28) <i>measurement accuracy</i> >< (25) <i>loss of time</i>
4.	Takaran viskositas & <i>density</i> tinta >< rentan terhadap partikel kotoran (28) <i>measurement accuracy</i> >< (30) <i>harmful factor acting on subsystem</i>

- Warna tidak standar

1. Kestabilan kadar viskositas & *density* tinta >< waktu yang terbangun  
(13) *stability of the object's composition* >< (25) *loss of time*

Kestabilan Nilai *density* ditinjau dari proses permesinan yang timbul akibat kecepatan proses cetak tidak stabil, hal ini berdampak pada banyak waktu yang terbangun akibat kecepatan proses cetak tidak stabil. Operator

berperan besar dalam menentukan kestabilan kadar viskositas, jika operator memonitoring kadar viskositas secara rutin dan berkala sesuai dengan SOP pasti nilai densitas dan viskositas dalam keadaan stabil.

2. Kestabilan kadar viskositas & *density* tinta >< material yang terbangun  
(13) *stability of the object's composition* >< (26) *quantity of substance*  
Kadar densitas tinta yang tidak stabil dipengaruhi oleh *ink water balance* yang belum tercapai. Terkadang pengaruh *incoming* material yang tidak sesuai walaupun sudah dilakukan inspeksi tinta juga dapat terjadi akibat kestabilan kadar viskositas & densitas tinta yang terkadang berubah pada saat proses berlangsung. Jika tinta sudah tidak sesuai kadarnya, dan proses klaim terhadap supplier tidak bisa dilakukan, material tinta otomatis terbangun karena sudah tidak bisa digunakan kembali untuk proses cetak *printing*.
3. Takaran viskositas & *density* tinta >< waktu yang terbangun  
(28) *measurement accuracy* >< (25) *loss of time*  
*Defect* warna dalam proses *printing* timbul akibat warna yang dihasilkan oleh proses cetak tidak sesuai dengan spesifikasi. Hal ini penyebabnya adalah ukuran kekentalan (*viscosity*) yang tidak sesuai dengan spek ukuran tinta. Di dalam melakukan pengukuran viskositas dan densitas tinta, banyak waktu yang dibuang percuma karena membutuhkan waktu untuk melakukan proses pengukuran takaran kembali dengan cara memutar keran tinta ke dalam posisi off, yang kemudian bak tinta baru bisa dikeluarkan untuk diukur tingkat viskositas dan densitasnya dengan bantuan alat *viscotester*.
4. Takaran viskositas & *density* tinta >< rentan terhadap partikel kotoran (28) *measurement accuracy* >< (30) *harmful factor acting on subsystem*  
Jika takaran viskositas tidak sesuai dengan spesifikasi warna desain, perlu dilakukan langsung pengukuran kadar dimana Pada saat mengukur takaran densitas dan viskositas, Bak tinta harus dikeluarkan dari tempatnya, hal ini rentan partikel kotoran dapat masuk dan bercampur dengan tinta pada saat pengukuran dilakukan. Sehingga kondisi ini menimbulkan dilema



karena semakin sering bak tinta dikeluarkan untuk diukur kadar viskositas, semakin rentan debu dan kotoran masuk dan bercampur dengan tinta.

#### 4.4.1.3 Kontradiksi-Kontradiksi Cacat Garis

Pada Tabel 4.17 menunjukkan kontradiksi-kontradiksi permasalahan pada FMEA berdasarkan RPN tertinggi pada Tabel FMEA cacat garis yang menjadi hambatan pada proses untuk menghasilkan produk tidak mengalami cacat warna

Tabel 4.17 Parameter Konflik Permasalahan Cacat garis

No	Kontradiksi
	Timbul garis besar, kecil, double dan putus-putus
1	Komposisi tinta tidak sesuai $\times$ kerentanan tinta bagus tercampur tinta kering (13) <i>stability of the object's composition</i> $\times$ (26) <i>quantity of substance</i>
2	Komposisi tinta tidak sesuai $\times$ rentan terhadap partikel kotoran (13) <i>stability of the object's composition</i> $\times$ (30) <i>harmful factor acting on subsystem</i>
3	Pengaturan <i>doctor blade</i> $\times$ rentan terhadap partikel kotoran (28) <i>measurement accuracy</i> $\times$ (30) <i>harmful factor acting on subsystem</i>
4	Kerentanan menghasilkan pigmen <i>semi hard</i> $\times$ Pendeteksian lokasi pigmen (30) <i>External harm effects the objects</i> $\times$ (37) <i>Difficult of detecting and measuring</i>

1. Komposisi tinta tidak sesuai  $\times$  kerentanan tinta bagus tercampur tinta kering  
(13) *stability of the object's composition*  $\times$  (26) *quantity of substance*

Di dalam pengaturan komposisi tinta, pada saat *Work In Process* (WIP) yang didalamnya juga terdapat partikel-partikel kotoran yang telah mengendap di dasar *bowl* sehingga jika tercampur dengan tinta bagus, kualitas *colour strengthnya* ikut berubah. Akibatnya komposisi kandungan tinta pun ikut berubah dan tidak sesuai dengan warna desain yang akan dicetak. Sehingga untuk menanggulangnya harus diatur kembali komposisi tintanya karena jika komposisi tinta tidak sesuai dapat berakibat fatal yaitu timbul *defect* garis besar pada permukaan lapisan kemasan yang dicetak.

2. Komposisi tinta tidak sesuai  $\times$  rentan terhadap partikel kotoran  
(13) *stability of the object's composition*  $\times$  (30) *harmful factor acting on subsystem*

Sebelum memasukkan tinta ke dalam *bowl*, tinta diproses dulu (*filtrasi*) untuk menyaring kotoran dan partikel. Walaupun tinta dalam keadaan *fresh*, tidak jarang masih terdapat partikel berupa butiran yang ikut tercampur. Namun realitanya, walaupun tinta sudah melalui tahap *filtrasi*, komposisi tinta tetap tidak sesuai dengan spek perusahaan. Permasalahannya, jika komposisi tinta tidak sesuai, perlu dilakukan kembali pengukuran komposisi tinta yang juga sangat rentan kemasukan partikel debu dan kotoran pada saat proses pengukuran.

3. Pengaturan *doctor blade* >< rentan terhadap partikel kotoran

(28) *measurement accuracy* >< (30) *harmful factor acting on subsystem*

*Doctor blade* digunakan untuk mengambil tinta pada bagian yang tidak mencetak dan kemudian mengembalikannya ke bak tinta untuk mengurangi kelebihan tinta pada bagian yang mencetak agar tidak terjadi pengeblokan tinta, jika setting *doctor blade* tidak standart, *tekanan* *doctor blade* bisa terlalu keras atau terlalu pelan menekan *layer* dan berdampak pada kemasan mudah tersangkut kotoran dan menimbulkan garis terhadap kemasan produk. Jika tekanan *doctor blade* terlalu pelan, penempatan tinta tidak tepat sasaran. Sehingga setting *doctor blade* harus sesuai dengan SOP.

4. Kerentanan menghasilkan pigmen semi hard >< Pendeteksian lokasi pigmen  
(30) *External harm effects the objects* >< (37) *Difficult of detecting and measuring*.

Kandungan tinta jika terdapat *jellying* (pigmen yang sudah terlalu lama menempel) akan menimbulkan garis *double* di permukaan lapisan kemasan. Perlu dilakukan pengurangan tekanan pada *doctor blade* menuju standart ukuran 2, dilemanya adalah pendeteksian *jellying* agak susah dilakukan karena pengecekan komponen *perfect* mesin ke berapa yang terdiri dari 8 warna tersebut. Jika tekanan *doctor blade* rendah, hanya menimbulkan garis *double* sedikit dan berukuran pendek karena otomatis kotoran akan lepas.

#### 4.4.2 *Contradiction Matrix* Untuk Masing-Masing Jenis *Defect*

Berdasarkan sub bab sebelumnya tentang parameter kontradiksi-kontradiksi permasalahan yang ada pada masing-masing jenis *defect* yang *critical*, selanjutnya

dibuat parameter yang dirubah dan parameter yang dipertahankan berdasarkan *contradiction matrix*. Parameter yang dirubah merupakan parameter terpenting yang dibutuhkan perbaikan untuk mendukung aktivitas perbaikan proses.

#### 4.4.2.1 Contradiction Matrix untuk Cacat Miss Print

Merujuk pada kontradiksi berdasarkan 39 *features* yang ada pada lampiran 3, akan dimasukkan pada *contradiction matrix* pada Tabel 4.18 Pada Tabel 4.20 bagian yang berwarna hitam tidak ada artinya karena kesamaan parameter *engineering*, pada bagian yang bertanda *strip* (-) artinya tidak memiliki hubungan kontradiksi, dan pada bagian yang berwarna kuning merupakan prinsip yang disarankan.

Tabel 4.18 *Contradiction Matrix* Cacat Miss Print penyebab Gear pada cylinder aus

	<i>Worsening Parameter</i>	<i>Stress or pressure object</i>	<i>Strength</i>	<i>Difficulty of detecting and measuring</i>
	<i>Improving Parameter</i>	11	14	37
10	<i>Force</i>	18, 21, 11	35,10,14,27	36,37,10,19
29	<i>Manufacturing presisi</i>	3,35	3,27	-
31	<i>Object generated harmful factor</i>	2,33,27,18	15,35,22,2	2,21,27,1
36	<i>Device Complexity</i>	19,1,35	2,13,28	15,10,37,28

Tabel 4.19 *Contradiction Matrix* Cacat Miss Print penyebab Daerah Kasar *Unengraved*  
Tidak Tercetak

	<i>Worsening Parameter</i>	<i>Strength</i>	<i>Manufacturing Precision</i>
	<i>Improving Parameter</i>	14	29
10	<i>Force</i>	35,10,14,27	28,29,37,36
30	<i>External harm affects the Object</i>	18,35,37,1	26,28,10,18
33	<i>Ease of Operation</i>	32,40,3,28	1,32,35,23

Tabel 4.20 *Contradiction Matrix* Cacat Miss Print penyebab Bearing Pada Cylinder tidak Presisi

	<i>Worsening Parameter</i>	<i>Area moving object</i>	<i>Manufacturing Precision</i>	<i>External harm affect the object</i>
	<i>Improving Parameter</i>	5	29	30
12	<i>Shape</i>	5,34,4,10	32,30,40	22,1,2,35
30	<i>External harm affect the object</i>	22,1,33,28	26,28,10,18	
32	<i>Ease of manufacturing</i>	13,1,26,12	-	24,2

Setelah memetakan kontradiksi pada *contradiction matrix*, maka didapatkan ide usulan perbaikan berdasarkan parameter yang ingin diubah (parameter yang diblok kuning) dan memungkinkan dilakukan di perusahaan yaitu sebagai berikut :

1. Prinsip 10. *Preliminary Action*.

Lakukan sebelum diperlukan, perubahan diperlukan suatu obyek atau sistem yaitu melakukan pengecekan dan pembersihan sebelum kerusakan terjadi pada bagian komponen di *gear Box* pada mesin *printing* dimana untuk pembersihan komponen dengan menggunakan *vacuum cleaner* untuk membersihkan partikel debu dan kotoran yang menempel sisa proses sebelumnya. Maksud dari prinsip *preliminary action* yaitu melakukan persiapan sebelum pemrosesan dimulai.

Perusahaan saat ini masih melakukan metode pembersihan debu dengan cara penyemburan udara atau pemberian tekanan udara keluar, hal ini masih dirasa kurang efektif karena debu dalam mesin *printing* belum tentu hilang karena debu tersebut dapat terbang menempel kembali pada bak mesin print, namun dengan rekomendasi perbaikan dengan pemakaian *vacuum cleaner* dinilai dapat mengatasi permasalahan yang diakibatkan oleh debu karena *vacuum cleaner* memiliki fungsi untuk menyedot debu

2. Prinsip 28. *Mechanical Interaction Substitution*

Mengganti metode mekanik dengan metode sensorik (optik, akustik, rasa atau bau). Dalam hal ini, pendeteksian komponen *gear* dilakukan secara manual yaitu

dengan cara operator mendeteksi menggunakan *feel* indera peraba (tangan operator) untuk merasakan getaran sehingga tidak ada tolak ukur standart untuk membuktikan apakah komponen *gear* dan *bearing* tersebut terdapat gangguan atau tidak. Kontak fisik langsung dengan mesin yang masih dalam kondisi on juga dapat menimbulkan risiko bahaya bagi keselamatan operator sehingga tindakan tersebut tidak aman bagi operator sehingga diperlukan alat bantu khusus yaitu *VIBRATION TESTER* untuk mengukur getaran.

Dengan Penggunaan alat bantu *Vibration Tester* yaitu alat ukur getaran mesin yang desainnya mengadopsi efek piezoelectric dari *artificial polarized ceramic* dengan pemanfaatan sinyal getaran untuk mendeteksi kondisi mesin tanpa membongkar atau menghentikan suatu mesin. Alat ini cocok untuk memantau getaran dari jenis fasilitas mesin dengan prinsip *rotating*.



Gambar 4.24 Contoh Bentuk Alat *Vibration Tester*  
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Kelebihan dari alat *Vibration Tester* yaitu mudah untuk digunakan, ukuran dan bentuknya yang kecil sehingga anda dapat dengan mudah membawa alat ini kemana pun akan melakukan pengukuran, mempunyai probe yang sangat sensitif sehingga hasil pengukuran menjadi sangat akurat, Layar LCD dengan lampu latar untuk mempermudah pembacaan dalam kondisi kurang cahaya, Dengan satu alat dapat melakukan 3 macam pengukuran : percepatan (*akselerasi*), kecepatan (*velocity*), dan perpindahan (*displacement*).

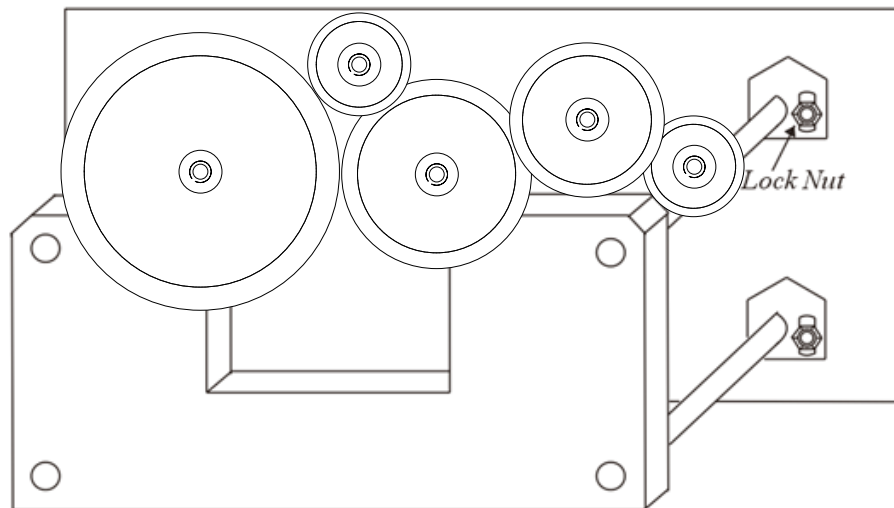
Mesin yang ideal tidak akan bergetar karena energi yang diterimanya digunakan sepenuhnya untuk fungsi mesin itu sendiri. Dalam praktek mesin yang dirancang dengan baik, getarannya relatif rendah namun untuk jangka pemakaian yang lama akan terjadi kenaikan level getaran akibat beberapa hal yaitu : Keausan pada elemen mesin, proses pemantapan pondasi (*base plate*) sedemikian rupa

sehingga terjadi deformasi dan mengakibatkan *miss alignment* pada poros, perubahan perilaku dinamik pada mesin sehingga terjadi perubahan frekuensi getaran.

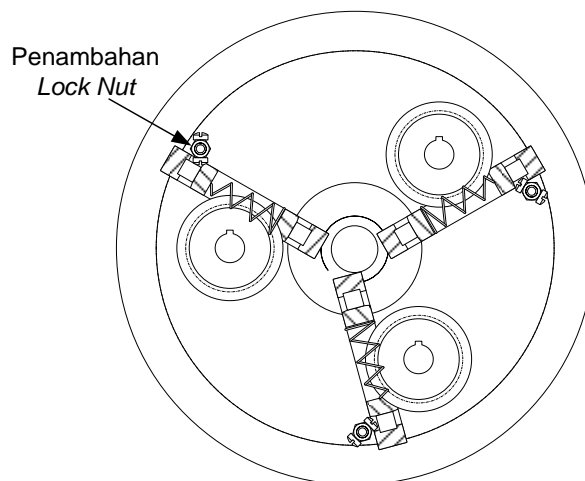
### 3. Prinsip 3. Local Quality

Membuat setiap bagian dari fungsi objek dalam kondisi yang paling tepat untuk operasi, yaitu penambahan *lock nut* pada mur. *Lock nut* atau yang dapat disebut juga dengan pengait untuk mur adalah salah satu jenis mur dimana didalamnya terdapat bahan seperti karet yang fungsinya untuk memudahkan pekerjaan yang berhubungan dengan pemasangan mur. Disamping itu berguna juga untuk mengurangi getaran *gear* yang menyebabkan keausan *gear* akibat salah satunya yaitu getaran *cover gear box* yang bersentuhan langsung dengan penyangga *gear* dan *press roll*. Tujuan lainnya dengan adanya pemberian *lock nut* pada mur yaitu untuk mengurangi masalah mur yang mudah kendur jika terkena getaran terus menerus dari *gear* agar *press roll* tidak mudah berubah posisi, sehingga membuat *press roll* dalam kondisi yang paling tepat untuk operasi jika ditambahkan *lock nut* pada mur. Pemberian *lock nut* juga harus disesuaikan dengan ukuran diameter mur tersebut.

Gambar 4.25 & 4.26 merupakan letak pemberian *lock nut* pada komponen *gear box*. Setelah dilakukan pemberian *lock nut* maka diharapkan getaran permesinan berkurang sehingga berdampak pada kondisi *gear* yang tidak cepat aus dan berdampak pula pada posisi *press roll* tidak berubah agar posisi hasil cetak dapat beroperasi dengan kepresisian yang baik sehingga tidak akan menghasilkan produk kemasan yang cacat *miss print*.



Gambar 4.25 Letak Pemberian *Lock Nut* pada Komponen *Gear Box*



Gambar 4.26 Letak Pemberian *Lock Nut* pada Komponen *Gear Box* (2)

#### 4.4.2.2 *Contradiction Matrix* untuk Cacat Warna

Merujuk pada kontradiksi berdasarkan 39 *features* yang ada pada lampiran 2, akan dimasukkan pada *contradiction matrix* pada Tabel 4.21 Pada Tabel 4.21 bagian yang berwarna hitam tidak ada artinya karena kesamaan parameter *engineering*, pada bagian yang bertanda *strip* (-) artinya tidak memiliki hubungan kontradiksi, dan pada bagian yang berwarna kuning merupakan prinsip yang disarankan.

Tabel 4.21 *Contradiction Matrix* Cacat Warna Tidak Standart

	<i>Worsening Parameter</i>	<i>Loss of time</i>	<i>Quantity of substance</i>	<i>Harmful factor acting on subsystem</i>
	<i>Improving Parameter</i>	25	26	30
13	<i>Stability of the object's composition</i>	35,27	15,32,35	35,24,30,18
28	<i>Measurement accuracy</i>	24,34,28,32	2,6,32	28,24,22,26

Setelah memetakan kontradiksi pada *contradiction matrix*, , maka didapatkan ide usulan perbaikan berdasarkan parameter yang ingin diubah (parameter yang diblok kuning) dan memungkinkan dilakukan di perusahaan yaitu sebagai berikut :

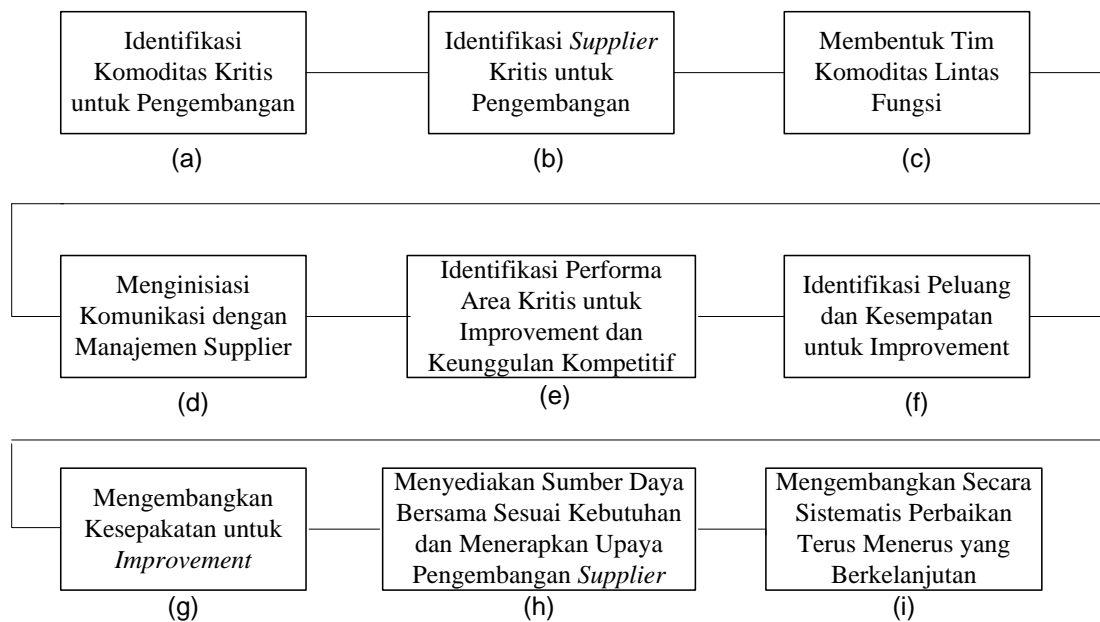
1. Prinsip 24. *Intermediary*

Menggabungkan satu objek sementara dengan yang lain yang dapat dengan mudah dipindah kembali, yaitu perusahaan melalui KA *Group Operator* dan KA *Group RM (maintenance) Printing* melakukan pelatihan dan *sharing* tentang bagaimana SOP pengukuran takaran ukuran viskositas sesuai standart terhadap operator yang bertanggung jawab melakukan pengukuran *viskositas* dan bongkar-pasang terhadap komponen mesin *printing*. Pelatihan ini dilakukan untuk meminimalkan waktu pemasangan posisi komponen dan kesalahan kadar viskositas yang rentan terhadap debu dan partikel kotoran jika dibiarkan terlalu lama dalam posisi *idle*. Pelatihan ini disesuaikan dengan spesifikasi takaran viskositas yang sesuai dengan desain warna tinta kemasan, karena setiap jenis produk kemasan yang diproduksi memiliki kadar kandungan tinta yang berbeda-beda. Pelatihan ini juga direkap dalam *Standardize Operating Procedure (SOP)* agar *operator* mengingat urutan kerja yang harus dilakukan saat melakukan pengukuran kadar viskositas dan pengaturan posisi komponen-komponen yang berkaitan dengan proses *printing*.



## 2. Prinsip 15. *Dynamicity*

Memungkinkan desain karakteristik sistem menjadi optimal atau menemukan kondisi operasi yang optimal, yaitu dengan cara melakukan strategi pengembangan *supplier*. Untuk meningkatkan kualitas produk yang berkaitan dengan kualitas material tinta yang dikirimkan *supplier*, maka perlu adanya strategi untuk pengembangan *supplier* dengan mengadopsi pada penelitian Krause et al (1998) meliputi :



Gambar 4.27 Ilustrasi Strategi Pengembangan *Supplier*

### a. Identifikasi Komoditas Kritis untuk Pengembangan

Komoditas berisiko tinggi, bervolume tinggi, dan bernilai tinggi biasanya merupakan fokus inisiatif strategi pengembangan *supplier*. Dalam hal ini pemilihan *supplier* tinta menggunakan analisis portofolio pembelian material, yang ditentukan dengan memisahkan komoditas berisiko rendah dari komoditas berisiko tinggi dan pembelian dengan volume rendah dari pembelian dengan volume tinggi.

### b. Identifikasi *Supplier* Kritis untuk Pengembangan

Pendekatan strategis dengan menganalisis data kinerja pemasok untuk mengidentifikasi *supplier* yang membutuhkan pengembangan, dengan menggunakan metode pengukuran kualitas bahan baku tinta yang sesuai

spesifikasi yang dikirimkan ke *customer* (perusahaan). Perusahaan memiliki sistem pengukuran kinerja *supplier* untuk menilai secara formal biaya, kualitas, layanan, pengiriman, teknologi, dan kinerja lingkungan. Perusahaan melakukan *benchmark* kinerja pemasok, jika ada kesenjangan kinerja yang diidentifikasi, maka *supplier* diidentifikasi sebagai prospek pengembangan.

c. Membentuk Tim Komoditas Lintas Fungsi

Pendekatan strategis perusahaan cenderung memanfaatkan tim lintas fungsi untuk mendorong upaya pengembangan *supplier* ke tingkat yang lebih baik. Strategi Perusahaan sering menggunakan dana secara terpisah dari tim lintas fungsi untuk meningkatkan kinerja keseluruhan dari basis pasokan. Dalam hal ini, Departemen *Quality Control* harus bekerja sama dengan pihak PPIC dan *Procurement* untuk dapat menjalankan fungsinya dengan optimal dengan proyek jangka panjang untuk mendorong pengembangan produk *supplier*.

d. Menginisiasi Komunikasi dengan Manajemen Supplier

Langkah selanjutnya dalam proses pengembangan *supplier* melibatkan pendekatan terhadap *supplier* dan mengatur pertemuan tim lintas fungsional perusahaan pembelian dengan manajemen puncak di masing-masing pemasok. Dalam pendekatan strategis, perwakilan perusahaan pembelian menekankan bahwa upaya pengembangan *supplier* tidak mewakili permintaan akan kinerja yang lebih baik, namun kesepakatan untuk bekerja sama untuk memperbaiki supply bahan tinta, layanan pengiriman dan informasi antara perusahaan *supplier* dan pembelian untuk keuntungan bersama.

e. Identifikasi Performa Area Kritis untuk Improvement dan Keunggulan Kompetitif

Pada pertemuan dengan tim manajemen puncak masing-masing *supplier*, area untuk perbaikan diidentifikasi bersamaan dengan ukuran spesifik untuk masing-masing area. Strategi perusahaan terhadap pengembangan *supplier* mengidentifikasi beragam tujuan untuk perbaikan. Dalam kasus

ini, Identifikasi masalah kualitas tinta untuk cetak kemasan, pengembangan sistem informasi bersama dan manajemen supplier untuk persediaan yang lebih baik di lokasi perusahaan pembelian.

f. Identifikasi Peluang dan Kesempatan untuk Improvement

Strategi perusahaan menggunakan kriteria evaluasi seperti : modal yang dihabiskan dengan *supplier*, kekritisian produk terhadap keberhasilan pemasaran perusahaan pembelian, potensi untuk mempengaruhi pengembangan produk *supplier*, potensi *supplier* untuk menjadi pesaing, keahlian teknis *supplier*, dan potensi upaya pengembangan *supplier* untuk mendukung tujuan perusahaan.

g. Mengembangkan Kesepakatan untuk *Improvement*

Setelah inisiatif pengembangan *supplier* yang layak telah diidentifikasi, para pihak dari *customer* dan *supplier* harus mencapai kesepakatan mengenai spesifikasi metrik yang akan digunakan untuk mengukur keberhasilan kesepakatan. Strategi perusahaan menggunakan satu atau lebih dari metrik yang terdiri dari beberapa parameter seperti : persentase penghematan biaya, persentase peningkatan kualitas, persentase pengiriman atau peningkatan waktu siklus, target kinerja produk atau layanan utama, ketersediaan teknologi, atau target implementasi sistem yang berhubungan dengan transfer pembelian produk bahan tinta yang berkualitas.

h. Menyediakan Sumber Daya Bersama Sesuai Kebutuhan dan Menerapkan Upaya Pengembangan *Supplier*

Setelah perusahaan mencapai kesepakatan dengan *supplier* mengenai kinerja produk pesanan, Strategi perusahaan berulang kali menekankan bahwa pengembangan *supplier* memerlukan perbaikan bersama oleh kedua belah pihak, bukan hanya perbaikan dari pihak *supplier*. Selain itu, harus ada penyebaran sumber daya bilateral, baik berupa fasilitas, pelatihan, personalia, informasi, permodalan, teknologi, atau sistem, untuk menopang upaya pembangunan yang berhasil.

i. Mengembangkan Secara Sistematis Perbaikan Terus Menerus yang Berkelanjutan

Setelah proyek pengembangan *supplier* selesai, *progress* lanjutan *supplier* harus dimonitoring dan dilacak setiap periode secara berkala. Pertukaran informasi terus diperlukan untuk menjaga momentum proyek transaksi pembelian.

#### 4.4.2.3 Contradiction Matrix untuk Cacat Garis

Merujuk pada kontradiksi berdasarkan 39 *features* yang ada pada lampiran 2, akan dimasukkan pada *contradiction matrix* di Tabel 4.22. Pada Tabel 4.22 bagian yang berwarna hitam tidak ada artinya karena kesamaan parameter *engineering*, pada bagian yang bertanda *strip* (-) artinya tidak memiliki hubungan kontradiksi, dan pada bagian yang berwarna kuning merupakan prinsip yang disarankan.

Tabel 4.22 *Contradiction Matrix* Cacat Garis Besar, Kecil, *Double* Dan Putus-Putus

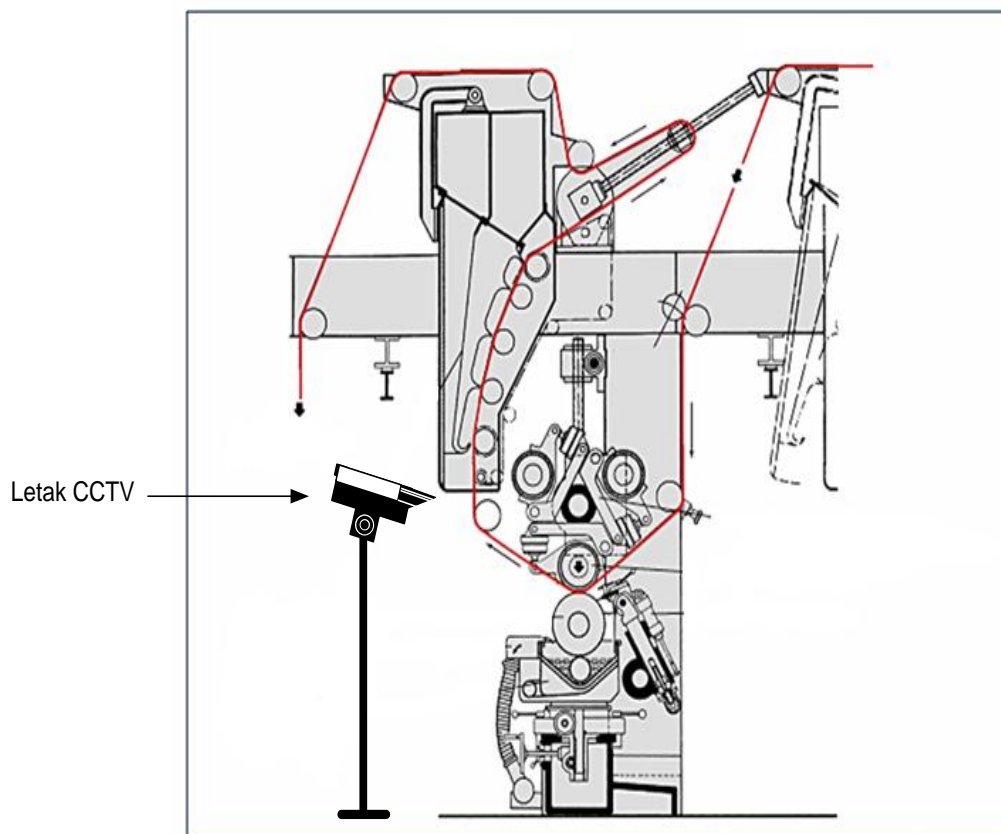
	<i>Worsening Parameter</i>	<i>Quantity of substance</i>	<i>Harmful factor acting on subsystem</i>	<i>Difficulty of detecting and measuring</i>
	<i>Improving Parameter</i>	26	30	37
13	<i>Stability of the object's composition</i>	15,32,35	35,24,30,18	35,22,39,23
28	<i>Measurement accuracy</i>	2,6,32	28,24,22,26	26,24,32,28
30	<i>External harm effects the objects</i>	22,19,29,40		22,19,29,40

Setelah memetakan kontradiksi pada *contradiction matrix*, , maka didapatkan ide usulan perbaikan berdasarkan parameter yang ingin diubah (parameter yang diblok kuning) dan memungkinkan dilakukan di perusahaan yaitu sebagai berikut :

##### 1. Prinsip 24. *Intermediary*

Menggunakan sebuah benda perantara atau proses perantara yaitu pihak perusahaan menambah alat bantu berupa pemasangan CCTV di masing-masing

mesin print yang berjumlah 8 untuk memonitoring keadaan cetak pada saat tinta tercetak ke lembaran kemasan. Posisi CCTV diletakkan mengarah pada hasil cetak setelah komponen *doctor blade* menekan tinta ke lembaran kemasan untuk memudahkan pendeteksian *doctor blade* mana yang tekanannya terlalu tinggi atau rendah tanpa harus mengecek langsung tekanan *doctor blade* pada mesin yang mana yang membutuhkan waktu untuk memonitoring satu per satu. Layar CCTV diletakkan di ruangan operator yang letaknya berdekatan dengan posisi mesin yang bertujuan untuk menghemat waktu tempuh pihak operator jika proses *printing* timbul gejala *defect* garis yang berhubungan dengan tekanan pada komponen *doctor blade* maupun dapat memantau keadaan komponen disekitarnya seperti *pressroll* maupun saluran tinta jika terdapat partikel kotoran yang menempel dan dapat mengganggu kualitas hasil cetak.



Gambar 4.28 Penempatan Posisi CCTV untuk Mempermudah Monitoring Hasil Cetak

## 2. Prinsip 19. *Periodic Action*

Tidak melakukan tindakan terus menerus, tetapi menggunakan tindakan yang periodik yaitu melakukan pembersihan *bowl* (bak tinta) dan sekitar saluran pompa tinta yang terdapat *jellying* (pigmen yang sudah terlalu lama menempel) satu hari sekali pada awal shift 1 ketika proses produksinya belum berjalan tepatnya pada pagi hari pukul 06.00 atau satu jam sebelum shift pertama memulai operasi produksi. Perusahaan sebelumnya tidak memiliki jadwal yang pasti untuk kegiatan pembersihan *bowl* (bak tinta). Hal ini dapat mengakibatkan *defect* garis *double* maupun *defect miss print* yang merupakan jenis cacat terbesar sehingga kemasan produk tidak sesuai dengan spesifikasi. Keuntungan dari dilakukan kegiatan pembersihan *bowl* pada waktu pagi hari yaitu kegiatan pembersihan komponen *bowl* tidak mengurangi waktu produktif untuk melakukan proses produksi. Pembersihan *bowl* dilakukan oleh bagian *maintenance*. Waktu istirahat pekerja *maintenance* dapat dimajukan satu jam sebelum jam istirahat normal dimulai yaitu jam 11.00. Dengan adanya pembersihan *bowl* dan komponen di permukaan pompa tinta tiap hari satu kali maka diharapkan dapat menghilangkan terjadinya cacat garis dobel yang diakibatkan oleh penumpukan *jellying* yang menempel pada *bowl* dan celah disekitar permukaan pompa saluran tinta.

### 4.5 Mekanisme Kontrol

Dilakukan pembuatan Mekanisme sistem control yang bertujuan untuk meyakinkan bahwa perbaikan dan peningkatan kualitas dilakukan dan berjalan sesuai target, sehingga pelaksanaan setiap sub-sub proses dapat dikendalikan agar cacat tidak terjadi berulang. Mekanisme *control* juga berfungsi sebagai pengendalian proses printing agar menghasilkan produk kemasan yang sesuai spesifikasi dan tidak menimbulkan *defect*. Berikut dibawah ini Tabel 4.23 merupakan perencanaan mekanisme kontrol yang dilakukan untuk mengurangi *defect* yang terjadi di proses *printing* dalam pembuatan kemasan produk.

Tabel 4.23 Mekanisme *Control*

No	Instruksi Proses	Kriteria Control	Monitor / Kontrol sebelum perbaikan	Monitor / kontrol setelah perbaikan	% <i>defect</i> sebelum diadakan Kondisi Proses	% <i>defect</i> setelah diadakan Kondisi Proses
1	Proses Pembersihan debu pada komponen <i>Gear Box</i>	Kondisi kebersihan komponen <i>gear box</i> bebas dari debu dan partikel kotoran sisa proses sebelumnya	Penyemburan udara (pemberian tekanan udara) melalui <i>blower</i>	Penyedotan debu melalui alat bantu <i>vacuum cleaner</i>	1,81 %	...
2	Pendeteksian komponen getaran <i>gear</i>	Getaran dari putaran <i>gear</i> berjalan normal (tidak terdengar bunyi kocak)	Melalui indera peraba (tangan) operator	Menggunakan alat bantu <i>vibration tester</i>	1,81 %	...
3	Proses bongkar pasang komponen <i>gear box</i>	-Komponen <i>gear</i> dalam keadaan normal dan tidak aus (getaran dan kecepatan normal)	Pengecekan langsung dengan membongkar komponen <i>gear box</i>	Penambahan <i>lock nut</i> di sekitar bagian baut <i>gear box</i>	1,81 %	...
4	Proses pengukuran viskositas tinta	Pengukuran viskositas tinta sesuai desain warna dan kadar tinta serta bebas dari partikel kotoran	Melalui alat bantu <i>viscometer</i>	<i>Training</i> dan <i>sharing</i> SOP penggunaan alat sesuai ketentuan dan standart yang telah direncanakan.	1,81 %	...

(halaman ini sengaja dikosongkan)



## BAB 5

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Analisis dan Pembahasan Tahap *Define*

Dalam penelitian ini membahas mengenai permasalahan cacat pada proses *printing* dalam produksi kemasan produk di Departemen *printing* PT X. Jenis cacat yang menjadi fokus penelitian adalah *defect miss print*, cacat garis dan cacat warna karena merupakan *defect* yang paling banyak terjadi berdasarkan data pada bulan Januari 2017 – september 2017 yang ditunjukkan dalam diagram pareto pada gambar 4.8. Dapat diketahui bahwa pada proses pertama pembuatan kemasan produk yaitu proses *printing*, cacat *miss print* merupakan jenis *defect* dengan presentasi tertinggi sebesar 63,8 %. Menurut kepala bagian *Quality Control*, pemanasan berlebih yang terjadi pada saat proses yang melebihi 58° C dan komponen *cylinder* pada mesin *printing* menjadi penyebab terjadinya *defect miss print* seperti diameter *cylinder* tidak sama, setting *tention cylinder* berubah dari standart maupun kerusakan pada *gear cylinder* . *Miss print* juga terjadi karena komponen *doctor blade* maupun formula polimer pada tinta pembentuk. *Defect* terbesar kedua yaitu jenis cacat warna yang tidak sesuai atau melenceng dari desain spesifikasi warna yang telah ditentukan dengan persentase 14,9 %. Jenis cacat ini akibat dari komposisi tinta yang tidak benar. Sedangkan *defect* terbesar ketiga yaitu cacat garis yaitu sebesar 7,4 %. Cacat jenis ini terjadi karena kran tinta kotor atau pompa saat persiapan tidak berjalan optimal.

Tabel 5.1 *Critical Defect* dalam Proses Printing

Jenis Proses	<i>Critical Defect</i>	% Cacat
Proses Printing	<i>Miss Print</i>	63,8 %
	Warna	14,9 %
	Garis	7,4 %

Penelitian ini menggunakan pendekatan metodologi DMAIC dengan integrasi FMEA-TRIZ sebagai metode untuk menemukan penyebab dari pokok permasalahan dan memberikan rekomendasi perbaikan yang cocok sebagai upaya untuk mengurangi tingkat cacat produk.

Jenis cacat pada kemasan produk berdasarkan pesanan *customer* terdapat 10 macam, yaitu *Miss print*, garis, bercak tinta, cetakan blobor, warna, *blocking*, bintik, tinta kering, *blusseing*, dan *mottling*. CTQ dari kemasan berbagai produk pesanan *customer* pada proses *printing* selaku *critical* proses ada 7, yaitu ukuran dan jenis bahan baku material yang digunakan untuk produksi kemasan produk, komposisi tinta yang digunakan pada proses *print* kemasan, posisi cetak proses *print* dalam produksi kemasan, arah gulungan roll kemasan, viskositas tinta, ukuran dan desain kemasan, dan register warna.

## 5.2 Analisis dan Pembahasan Tahap *Measure*

Untuk pengukuran kinerja tingkat proses pada observasi bulan Januari – September 2017, pada proses *printing* yang merupakan proses pertama dan merupakan *critical* proses dalam pembuatan kemasan produk memiliki nilai DPMO (*Defect per Million Opportunities*) yang masih tinggi, yaitu sebesar 18371,02 yang diinterpretasikan bahwa dari satu juta kesempatan yang ada akan terdapat 18371,02 kemungkinan bahwa proses *printing* akan menghasilkan cacat produk. Berikut pada tabel 5.2 merupakan rekapitan kapabilitas sigma dan DPMO pada proses *printing*.

Tabel 5.2 Kapabilitas Sigma dan DPMO pada Eksisting Proses

Karakteristik Proses	Proyek	% Cacat	% Hasil	DPMO	Level Sigma
Kondisi eksisting proses <i>Printing</i>	Perbaikan Proses <i>Printing</i>	1,81 %	98,19 %	18371,02	3,58

Nilai DPMO kemudian dikonversikan ke dalam level *sigma* dan diperoleh nilai 3,58 *sigma*. Nilai tersebut masih dapat dikategorikan baik untuk industri di Indonesia karena rata-rata industri di Indonesia masih berada pada tingkat 3 *sigma*, namun level *sigma* tersebut belum mampu bersaing di kelas dunia yang memiliki pengendalian kualitas pada level 6 *sigma*.

Dari perhitungan kapabilitas proses (*Cp*) mesin print pada proses *printing* yang digunakan saat ini dikatakan masih rendah dan diluar batas spesifikasi yaitu memiliki nilai indeks potensial proses 1,19. Berdasarkan nilai *Cp* tersebut, kapabilitas proses dari produksi kemasan produk sudah cukup baik atau dengan kata

lain kemampuan kinerja alat produksi untuk memenuhi spesifikasi proses dari kemasan produk adalah baik (seusai dengan standar) namun nilai  $C_p$  tersebut diidentifikasi tidak mencapai target spesifikasi yang telah ditetapkan perusahaan ( $C_p \geq 1,28$ ) dan masih perlu dilakukan perbaikan karena nilai  $C_p$  berada pada range dibawah 1,28 sehingga diperlukan adanya tahap *improve* atau peningkatan perbaikan yang diharapkan dapat menurunkan nilai DPMO sehingga dapat meningkatkan level *sigma* dan kapabilitas proses *printing* pada mesin print jenis SAM 300. Berikut pada tabel 5.3 merupakan perbandingan eksisting dan target yang ingin dicapai perusahaan untuk dapat memenuhi spesifikasi keinginan *customer*.

Tabel 5.3 Perbandingan Eksisting dan Target Kapabilitas Proses Dan Level Sigma

Karakteristik target	% Cacat	Kapabilitas Proses ( $C_p$ )	Level Sigma
Eksisting proses Printing	1,81 %	1,19	3,58
Target proses printing	1 %	1,28	3,8

### 5.3 Analisis dan Pembahasan Tahap *Analyze*

Dari hasil pembuatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) jika dilihat dari nilai *severity* tertinggi dengan nilai 8, dampak pengaruh buruknya apabila terjadi *miss print* adalah diakibatkan oleh kerusakan *bearing*, *impression roll* di komponen *cylinder* karena komponen *bearing* dalam keadaan *oblok* sehingga berdampak pada gambar atau tulisan lari (*miss print*) yang timbul setelah selesai proses cetak karena tingkat presisi dari *bearing* menentukan jalannya *pressroll* untuk membuat tekanan pada hasil cetak. Untuk nilai *severity* tertinggi kedua penyebabnya adalah dari diameter *cylinder* tidak sama yang membuat tekanan *impression roll* pada bagian *cylinder* rendah dan membuat kerugian waktu yang tidak sedikit karena proses permesinan harus dihentikan untuk melakukan *control* dengan menaikkan *tention unwinder* dan menurunkan tekanan *impression roll* pada bagian *big cylinder*. Berikut pada tabel 5.4 dibawah ini merupakan rekap nilai RPN

tertinggi untuk masing-masing jenis *defect* pada *critical* proses yaitu proses printing.

Tabel 5.4 Rekap Nilai RPN Tertinggi Untuk Masing-Masing Jenis Cacat

Jenis Defect	Jenis Kegagalan	Nilai			Nilai RPN
		S	O	D	
Miss Print	Komponen Cylinder ( <i>gear</i> )	6	9	6	324
	<i>Hazing</i> (warna kabur pada area tercetak)	7	10	4	280
	Komponen Cylinder ( <i>Bearing</i> )	8	7	4	224
Warna	Warna tidak standart	7	5	2	70
	Garis besar	7	2	3	42
Garis	Garis kecil seperti rambut	3	4	2	24
	Garis cetakan double	4	3	2	

Untuk nilai *occurrence*, penyebab cacat *Miss Print* yang paling sering terjadi dikarenakan pada daerah kasar *unengraved* tidak tercetak akibat dari *chrome* pada *cylinder* kasar dan *gear* pada *cylinder* dalam keadaan aus sehingga menimbulkan gejala tidak lancar dalam proses cetak karena berpengaruh terhadap *ink make* yang tidak tercetak dan menimbulkan *defect miss print* akibat penekanan tinta terhadap lembar kemasan tidak teratur. Penyebab *gear* aus juga karena operator *maintenance* tidak menjalankan SOP nya dengan tepat waktu dimana seharusnya pihak *maintenance* yang bertanggung jawab memonitoring komponen *gear*. Kemudian untuk nilai *occurrence* tertinggi selanjutnya sehingga menimbulkan gejala *miss print* adalah juga diakibatkan karena komponen *cylinder* yaitu pada tekanan *impression roll* yang sering terjadi perbedaan tekanan antar sisi satu dengan sisi lainnya.

Untuk aspek *Detection*, kesulitan tertinggi jika terjadi *miss print* penyebabnya adalah dalam hal mendeteksi *gear*, karena jika *gear* dalam keadaan aus pihak operator haru membongkar dan mengecek secara seksama bagian *gear* dari komponen mesin print warna ke berapa yang terjadi kondisi *gear* yang sudah tidak berfungsi normal.

Dari hasil pembuatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dampak pengaruh buruknya apabila terjadi *defect* warna akibat dari *viscosity* dan *density* tinta tidak sesuai dengan spek kemasan yang berbeda-beda, pengaruh *solvent* juga berpengaruh pada viskositas tinta yang tercetak pada kemasan. Tinta yang cepat kering mempunyai kandungan *solvent* yang tinggi karena fungsi *solvent* yaitu

melarutkan & mengencerkan bahan pengikat pigmen yang padat & kental serta mengatur viskositas dan kecepatan pengeringan atau penguapan tinta. Tingkat Viskositas tinta semakin ke stasion berikutnya, viskositas tinta semakin encer. Untuk hasil cetak yang tebal viskositas tinta sangat kental (tinggi) begitupun sebaliknya jika hasil cetakan tipis tinta terlalu encer.

Untuk tingkat *occurance* dalam *defect* warna juga karena komposisi tinta yang tidak tepat. Warna ideal diperoleh jika bahan-bahan pembentuk tinta yang terdiri dari pigmen ( $\pm 10\%$ ), *binder* ( $\pm 70\%$ ) yang berfungsi mengikat komponen sehingga melekat pada permukaan bahan yang dicetak, dan *solvent* ( $\pm 20\%$ ) dan additive dan *solvent* ( $\pm 0, \dots\%$ ) untuk mempertinggi kualitas tinta dengan suhu ruangan dalam keadaan ideal antara  $27^{\circ}$  -  $29^{\circ}$  C. Jika tidak sesuai dengan komposisi tersebut maka gejala *defect* warna dapat timbul.

Untuk tingkat *detection* dalam *defect* warna, rating tertinggi diperoleh dalam melakukan *control* terhadap komponen *cylinder* yang diharuskan untuk melakukan cek kedalaman *cylinder* dan melakukan pembesaran volume *cell* dan pengecer tinta (*solvent*) yang terjadi akibat kelebihan pigmen pada tinta yang mempengaruhi kadar kekuatan warna yang tercetak di kemasan.

Dari hasil pembuatan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dampak atau pengaruh buruk (*severity*) apabila terjadi *defect* garis akibat dari komposisi tinta yang tidak sesuai karena tinta bagus tercampur tinta kering yang telah mengendap di dasar *bowl* setelah proses *WIP*. Kerugian waktu yang ditimbulkan jika terjadi *severity* ini, kerugian waktu sekitar 1 jam karena digunakan untuk menguras dan membersihkan *bowl* dari tinta yang kadarnya tidak sesuai. Jika tidak dilakukan proses pembersihan *bowl* dapat mempengaruhi proses selanjutnya karena hasil cetak menimbulkan garis besar pada cetakan kemasan.

Untuk tingkat *occurance* dalam *defect* garis, intensitas tertinggi yang dapat menimbulkan *defect* garis penyebabnya karena *viskositas* tinta dalam keadaan tinggi, hal ini berarti tinta dalam keadaan kental sehingga hasil cetakan terlalu tebal dan kotoran mudah menempel yang berdampak pada hasil cetakan timbul garis karena kotoran tersebut melewati *press roll* dan tidak jarang menempel di atas permukaan cetakan.

Untuk tingkat *detection* dalam *defect* garis, semua *control* yang terjadi jika terjadi cacat garis sudah dapat terdeteksi dengan cukup mudah karena permasalahan yang terjadi akibat timbulnya *defect* garis hanya itu-itu saja sehingga *rating detection* dalam Tabel FMEA cacat garis memiliki nilai antara dua sampai tiga.

#### 5.4 Analisis dan Pembahasan Tahap *Improve*

Metode TRIZ dijadikan sebagai metode untuk menjembatani ide-ide perbaikan pengembangan terhadap perbaikan proses dan kejadian interaktif yang disinyalir dari tabel FMEA. Dalam tahap *Improve*, setelah dilakukan identifikasi kontradiksi matriks yang ada terkait parameter-parameter yang terlibat dalam masing-masing *technical response* penyebab *defect*. Berikut pada Tabel 5.5 merupakan *Improve* yang direkomendasikan untuk setiap permasalahan *defect* kritis pada proses printing.

Tabel 5.5 Rekomendasi berdasarkan TRIZ Untuk Masing-Masing Jenis Cacat

Jenis Defect	Prinsip Triz	Deskripsi Prinsip	Rekomendasi
Miss Print	10	<i>Preliminary Action</i>	Pemakaian <i>Vacuum Cleaner</i>
	28	<i>Mechanical Interaction Substitution</i>	Alat <i>Vibration Tester</i>
	3	<i>Local Quality</i>	Penambahan <i>Lock Nut</i>
Warna	24	<i>Intermediary</i>	pelatihan dan sharing SOP pengukuran takaran ukuran viskositas
	15	<i>Dynamicity</i>	strategi untuk pengembangan <i>supplier</i>
Garis	24	<i>Intermediary</i>	pemasangan CCTV di masing-masing station
	19	<i>Periodic Action</i>	pembersihan <i>bowl</i> (bak tinta) secara periodik

Untuk cacat *miss print* yang menjadi hambatan pada proses untuk menghasilkan produk tidak mengalami cacat yaitu *force* >< *strength*, *manufacturing presisi* >< *Strength*, *Object Generated harmful factor* >< *Stress or pressure object*, *Device Complexity* >< *Difficulty of detecting and measuring*, *External harm affects the object* >< *Manufacturing Precision*, *Ease of Operation* >< *Manufacturing Precision*, *Shape* >< *area moving object*, *ease of manufacturing* >< *external harm affect the object*. Rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk

permasalahan terdapatnya *miss print* pada kemasan produk yang telah dicetak adalah dengan prinsip 10 (*Preliminary Action*) yaitu melakukan pengecekan dan pembersihan sebelum kerusakan terjadi pada bagian komponen di *gear Box* pada mesin *printing* dimana untuk pembersihan komponen dengan menggunakan *vacuum cleaner* untuk membersihkan partikel debu dan kotoran yang menempel sisa proses sebelumnya. Untuk rekomendasi perbaikan dengan diterapkannya prinsip 10 sudah mencakup 6 *contradiction matrix* yang sesuai dengan kontradiksi-kontradiksi yang terjadi di permasalahan *miss print*. Rekomendasi berikutnya untuk *defect miss print* yaitu menggunakan Prinsip 28 (*Mechanical Interaction Substitution*) yaitu Mengganti metode mekanik dengan metode sensorik dengan penggunaan alat bantu *Vibration Tester* yaitu alat ukur getaran mesin. Untuk rekomendasi perbaikan dengan diterapkannya prinsip 28 sudah mencakup 3 *contradiction matrix* yang sesuai dengan kontradiksi-kontradiksi yang terjadi di permasalahan *miss print*. Selanjutnya diberikan rekomendasi menggunakan prinsip 3 (*Local Quality*) yaitu penambahan *lock nut* pada mur untuk mengurangi masalah mur yang mudah kendur jika terkena getaran terus menerus dari *gear* agar *press roll* tidak mudah berubah posisi.

Untuk cacat warna dengan identifikasi kontradiksi matrik yang meliputi : *stability of the object's composition* >< *loss of time*, *stability of the object's composition* >< *quantity of substance*, *measurement accuracy* >< *loss of time*, *measurement accuracy* >< *harmful factor acting on subsystem*. Rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk permasalahan terdapat *defect* warna adalah dengan prinsip 24 (*intermediary*) yaitu melakukan pelatihan dan *sharing* tentang bagaimana SOP pengukuran takaran ukuran viskositas yang benar karena setiap jenis produk kemasan yang diproduksi memiliki kadar kandungan tinta yang berbeda-beda. Untuk rekomendasi perbaikan dengan diterapkannya prinsip 24 sudah mencakup 2 *contradiction matrix* yang sesuai dengan kontradiksi-kontradiksi yang terjadi di permasalahan warna pada kemasan. Rekomendasi selanjutnya menggunakan prinsip 15 (*Dynamicity*) yaitu dengan cara melakukan strategi pengembangan *supplier* agar kualitas material tinta sesuai dengan spesifikasi dan tidak banyak terjadi *reject* sehingga sama-sama menguntungkan pihak *supplier* maupun *customer*.

Untuk cacat garis dengan identifikasi kontradiksi matrik yang meliputi: *stability of the object's composition >< quantity of substance, stability of the object's composition >< harmful factor acting on subsystem, measurement accuracy >< harmful factor acting on subsystem, External harm effects the objects >< Difficult of detecting and measuring*. Rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk permasalahan terdapat *defect* garis adalah prinsip 24 (*Intermediary*) melalui alat bantu CCTV yang diletakkan di masing-masing *station* dan diarahkan ke *critical component* yang sering terjadi *error* untuk memudahkan dan mempercepat waktu pendeteksian oleh operator. Untuk rekomendasi perbaikan dengan diterapkannya prinsip 24 sudah mencakup 2 *contradiction matrix* yang sesuai dengan kontradiksi-kontradiksi yang terjadi di permasalahan garis pada kemasan. Rekomendasi selanjutnya menggunakan prinsip 19 (*Periodic Action*) yaitu melakukan pembersihan *bowl* (bak tinta) dan sekitar saluran pompa tinta secara berkala



## BAB 6

### KESIMPULAN

Berdasarkan perumusan permasalahan, tujuan penelitian, batasan dan asumsi penelitian, serta langkah-langkah penelitian yang telah dilakukan di bab-bab sebelumnya, maka didapatkan beberapa kesimpulan dan saran untuk pengembangan penelitian sebagai berikut :

#### 6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dari pengolahan data dan tujuan dari penelitian adalah:

1. Hasil kinerja proses *Printing* berdasarkan *Defect per Million Opportunities* (DPMO), *level sigma*, dan kapabilitas Proses didapatkan :
  - a. Nilai *Defect per Million Opportunities* (DPMO) pada proses *printing* periode bulan Januari -September 2017 berada pada nilai 18372
  - b. *Level Sigma* perusahaan untuk proses *printing* berada pada 3,58 sigma
  - c. Kapabilitas Proses (Cp) untuk proses *printing* dalam menghasilkan produk berada pada nilai 1,19
2. Dari hasil *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) didapatkan faktor penyebab *defect* berdasarkan *Risk Priority Number* tertinggi untuk *critical defect* yaitu :
  - a. Penyebab *defect Miss Print* yang paling sering terjadi dikarenakan oleh komponen *cylinder* yaitu bagian *gear* dan *bearing* serta jenis kegagalan untuk *hazing* (warna kabur pada area tercetak)
  - b. Penyebab *defect* warna tidak standart yang paling sering terjadi yaitu komposisi tinta yang digunakan dalam proses mencetak tidak sesuai standar yang menjadi acuan dalam pembuatan kemasan produk.
  - c. Penyebab *defect* garis pada kemasan produk adalah tinta bagus tercampur tinta kering yang telah mengendap di dasar *bowl* (wadah penampung tinta) setelah *Work In Process* (WIP) yang didalamnya juga terdapat partikel-partikel kotoran.

3. Rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk permasalahan *critical defect* untuk proses printing berdasarkan Integrasi FMEA dan TRIZ yaitu:
  - a. *Defect Miss Print* pada komponen *gear & bearing* adalah dengan : prinsip 10 (*Preliminary Action*) yaitu melakukan pengecekan dan pembersihan pada bagian komponen di *gear Box* mesin *printing* menggunakan *vacuum cleaner* untuk membersihkan partikel debu dan kotoran yang menempel sisa proses sebelumnya, prinsip 28 (*Mechanical Interaction Substitution*) yaitu Mengganti metode mekanik dengan metode sensorik untuk pendeteksian komponen *gear* dengan bantuan alat *VIBRATION TESTER*, dan Prinsip 3 (*Local Quality*) yaitu penambahan *lock nut* pada mur untuk mengurangi getaran *gear*.
  - b. *Defect* warna tidak standart pada kemasan adalah dengan : prinsip 24 (*Intermediary*) yaitu melakukan pelatihan dan *sharing* tentang bagaimana SOP pengukuran takaran ukuran viskositas sesuai standart terhadap operator, prinsip 15 (*Dynamicity*) yaitu melakukan strategi pengembangan *supplier* untuk meningkatkan kualitas material tinta yang dikirimkan *supplier*.
  - c. *Defect* garis pada kemasan adalah dengan : Prinsip 24 (*Intermediary*) yaitu pemasangan CCTV di masing-masing *station* mesin print yang berjumlah 8 untuk memonitoring keadaan cetak, Prinsip 19 (*Periodic Action*) yaitu menggunakan tindakan yang periodik untuk pembersihan *bowl* (bak tinta) dan sekitar saluran pompa tinta yang terdapat *jellying*.

## 6.2 Saran

Berdasarkan rangkaian penelitian yang telah dilakukan, penulis dapat menyarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Rekomendasi perbaikan yang diberikan diharapkan dapat diterapkan di perusahaan untuk upaya mengurangi tingginya jumlah *defect miss print*, garis dan warna pada kemasan produk yang terdapat di proses *printing*.

2. Perlu adanya persiapan yang dilakukan perusahaan untuk menaikkan nilai *level sigma* yang melibatkan semua pihak dalam proses produksi kemasan terutama pada proses *printing*
3. Penelitian ini dapat dilanjutkan kembali pada penelitian berikutnya dengan dengan tahap *control* sebelum dan sesudah melakukan *improvement* agar didapatkan hasil yang lebih *komprehensif* dengan pertimbangan keuntungan finansial perusahaan terhadap perbaikan yang telah diimplementasikan.
4. Sangat penting untuk memperhatikan kelanjutan pengukuran kinerja proses, untuk itu disarankan agar departemen produksi dan *Quality Control* saling bahu-membahu mengoptimalkan kinerja melalui monitoring kinerja antar operator yang terkait satu sama lain maupun fokus pada mekanisme sistem yang sesuai SOP.
5. Pengembangan SDM dengan pelatihan kualitas sangat diperlukan, karena masalah yang terjadi kebanyakan disebabkan oleh ketidakpahaman operator yang bertanggung jawab dalam mengatasi masalah yang ada.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

## Daftar Pustaka

- Ariani, D. W. (2004). *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas)*. (A. Offset, Ed.) (first edit). Yogyakarta: Andi.
- Basu, S. (1996). *Azaz-Azaz Marketing* (3rd ed., p. 6). Yogyakarta: Liberty.
- Borrer, C. M. (2008). *The Certified Quality engineer Handbook* (3rd ed.). Milwaukee: ASQ Press.
- Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way : How GE, Motorola and Other Companies are honing their performance*. U.S.A: Mc.Graw-Hill.
- Christian, A. (2013). Analysis defect in packaging machine: case study. *Productivity Engineering*.
- Crow, K. (2002). *Failure Mode and Effect Analysis*. DRM Associates.
- Desai, D., & Prajapati, B. N. (2016). Competitive advantage through six sigma at plastic injection molded parts manufacturing unit : a case study. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6.
- George, J. M., & Jones, G. R. (2002). *Understanding and Managing Organizational Behavior*. New Jersey: Prentice Hall.
- Harry, M. J., & Schroeder, R. (2000). *Six Sigma: The breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporation*. Doubleday New York: N.Y.
- Heizer, J., & Render, B. (2011). *Operations Management*. (U. New Jersey, Ed.) (tenth edit). Pearson.
- Huang, F. (2013). Technology innovation and new product development process integrating QFD and TRIZ. *2013 Suzhou-Silicon Valley-Beijing International Innovation Conference*, 127–131.
- Lamb, Charles. W., Hair, Joseph F., and C. M. (2004). No Title. In Thomson

- (Ed.), *Marketing edition 7th* (7th ed.). Canada.
- Liu, H. C., Liu, L., & Liu, N. (2013). Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review. *Expert Systems with Applications*, 40(2), 828–838.
- M.Pride, W., & Ferrell, O. . (2016). *Marketing concepts and strategies* (18th ed.). Boston: Houghton Mifflin Corp.
- Mansor, M. R., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., Nuraini, A. A., & Hambali, A. (2014). Conceptual design of kenaf fiber polymer composite automotive parking brake lever using integrated TRIZ-Morphological Chart-Analytic Hierarchy Process method. *Materials and Design*, 54, 473–482.
- McCarty, T., Bremer, M., Daniels, L., & Gupta, P. (2004). The Six Sigma Black Belt Handbook. *The Six Sigma Black Belt Handbook*, 1–589.
- Muruganantham, V. R., Krishnan, P. N., & Arun, K. K. (2014). Integrated application of TRIZ with lean in the manufacturing process in a machine shop for the productivity improvement. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 13(4), 414.
- Oakland, J. S. (1993). *Total Quality Management*. A wiley Company.
- Pande, P. (2002). *The Six Sigma Way*. Yogyakarta: Andi.
- Philip, K. (2002). *Manajemen Pemasaran*. (A. B. H. Teguh, Ed.) (1st ed.). Prentice Hall International: Prehalindo Corp.
- Rantanen, K., & Domb, E. (2002). *Simplified TRIZ : New problem-solving applications for engineers & Manufacturing Professionals*. Washington DC: CRC Press LLC.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83.
- Sartin. (2008). Analisa Faktor-Faktor Penyebab Defect pada Produk Bussing

dengan Metode Six Sigma. *Productivity Engineering*.

Singgih, M. L. (2014). Pengembangan model integrasi qfd-kano serta aplikasi TRIZ dalam memaksimalkan dan meminimalkan biaya pengembangan produk, 1–6.

Sutalaksana, & Tjakraatmadja, J. H. (1979). *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: Departemen Teknik Industri ITB.

Wang, C., Yu, C., & Chang, T. (2007). Integrated QFD , TRIZ and FMEA for Product Development Process, 1085–1095.

Wignjosoebroto, S. (2003). *Tata letak pabrik dan pemindahan bahan*. Surabaya: Guna Widya.

Wirya, I. (1999). *Kemasan yang menjual*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Yeh, C. H., Huang, J. C. Y., & Yu, C. K. (2011). Integration of four-phase QFD and TRIZ in product R&D: A notebook case study. *Research in Engineering Design*, 22(3), 125–141.

(halaman ini sengaja dikosongkan)



### Lampiran 1 – 40 Inventive Principles (Inovatif)

No	Prinsip	Penjelasan
1.	<i>Segmentation (fragmentation)</i>	Membagi sebuah objek atau sistem menjadi bagian-bagian yang independen. Membuat obyek mudah untuk dibongkar. Meningkatkan derajat fragmentasi atau segmentasi.
2.	<i>Separation</i>	Memisahkan satu-satunya bagian yang diperlukan (atau properti) atau menghilangkan bagian yang mengganggu atau properti dari suatu objek atau sistem.
3.	<i>Local quality</i>	Mengubah struktur obyek atau lingkungan eksternal (atau pengaruh eksternal) sehingga objek akan memiliki fitur yang berbeda atau pengaruh di tempat atau situasi yang berbeda. Membuat setiap bagian dari fungsi objek dalam kondisi yang paling tepat untuk operasi. Membuat setiap bagian dari sebuah objek memenuhi fungsi yang berbeda dan berguna
4.	<i>Symmetry change</i>	Mengubah bentuk suatu objek atau sistem dari simetris ke asimetris. Jika suatu obyek asimetris, tingkatkan derajat asimetrinya.
5.	<i>Merging</i>	Menggabungkan benda yang identik atau mirip; merakit bagian yang sama atau mirip untuk melakukan operasi paralel. Membuat operasi berdekatan atau paralel, membawa mereka bersama-sama dalam satu waktu.
6.	<i>Multifunctionality or universality</i>	Membuat bagian dari suatu objek atau sistem melakukan beberapa fungsi. Untuk menghilangkan kebutuhan untuk bagian lain.
7.	<i>Nested doll</i>	Tempatkan satu objek di dalam yang lain; menempatkan setiap objek, pada gilirannya, di dalam yang lain. Membuat satu bagian melewati rongga di bagian lain.
8.	<i>Weight compensation.</i>	Untuk mengimbangi berat suatu benda atau sistem, bergabung dengan benda-benda lain yang memberikan daya angkat. Untuk mengimbangi berat suatu obyek, membuatnya berinteraksi dengan lingkungan (misalnya, penggunaan aerodinamis, hidrodinamik, daya apung, dan kekuatan lain).
9.	<i>Preliminary counteraction</i>	Jika akan diperlukan untuk melakukan tindakan dengan efek baik itu yang berbahaya dan berguna, tindakan ini harus diganti dengan anti-tindakan (counteractions) untuk mengontrol efek berbahaya.

No	Prinsip	Penjelasan
10.	<i>Preliminary action</i>	Lakukan, sebelum diperlukan, perubahan diperlukan suatu objek atau sistem (baik sepenuhnya atau sebagian). Melakukan pra pengaturan obyek-obyek sehingga mereka dapat datang ke dalam tindakan dari tempat yang paling nyaman dan tanpa kehilangan waktu untuk pemindahan mereka.
11.	<i>Beforehand compensation</i>	Mempersiapkan sarana darurat sebelum mengenai manusia untuk mengimbangi keandalan yang relatif rendah dari suatu obyek atau sistem dari waktu ke waktu.
12.	<i>Equipotentially</i>	Mengubah kondisi operasi untuk mengurangi kebutuhan untuk bekerja melawan medan yang potensial.
13.	<i>The other way around</i>	Membalikkan tindakan yang digunakan untuk memecahkan masalah (misalnya, dari pada mendinginkan sebuah objek, panaskan itu). Membuat bagian yang tetap dapat bergerak (atau lingkungan eksternal), dan bagian yang tetap bergerak. Putar objek (atau proses) kebalikannya.
14.	<i>Curvature increase</i>	Daripada menggunakan persegi, persegi panjang, kubus atau bagian yang flat, permukaan atau bentuk, Gunakan yang melengkung atau bulat; bergerak dari permukaan datar sampai yang bulat; dari kubus atau bentuk yang paralelepiped sampai struktur yang berbentuk bol. Gunakan rol, bola, spiral, dan / atau kubah. Berpindah dari linear ke gerakan berputar, dengan menggunakan gaya sentrifugal.
15.	<i>Dynamic parts (dynamicity, dynamization, dynamics)</i>	Memungkinkan (atau desain) karakteristik objek, lingkungan eksternal, proses atau sistem untuk mengubah menjadi optimal atau menemukan kondisi operasi yang optimal. Membagi suatu benda menjadi bagian yang mampu bergerak relatif satu sama lain. Jika suatu benda (atau proses) yang kaku atau tidak fleksibel, membuatnya dapat bergerak atau adaptif.
16.	<i>Partial or excessive action</i>	Jika 100% dari tujuan sulit untuk dicapai menggunakan metode solusi yang diberikan, masalahnya mungkin jauh lebih mudah untuk dimecahkan dengan menggunakan sedikit kurang atau sedikit lebih dari metode yang sama.
17.	<i>Dimensionality change</i>	Memindahkan objek atau sistem dalam ruang dua atau tiga dimensi.

No	Prinsip	Penjelasan
		Memiringkan atau reorientasi objek, meletakkannya pada sisinya, menggunakan sisi lainnya
18.	<i>Mechanical vibration</i>	Menyebabkan suatu benda atau sistem untuk berosilasi atau bergetar. Meningkatkan frekuensi getaran. Gunakan frekuensi resonansi obyek. Gunakan piezoelektrik bukan vibrator mekanik. Gunakan gabungan osilasi medan ultrasonik dan elektromagnetik.
19.	<i>Periodic action</i>	Tidak melakukan tindakan terus menerus, tetapi menggunakan tindakan periodik atau berdenyut. Jika tindakan sudah periodik, mengubah besarnya periodik atau frekuensi. Gunakan jeda antara impuls untuk melakukan tindakan yang berbeda.
20.	<i>Continuity of useful action</i>	Melaksanakan pekerjaan secara kontinyu; membuat semua bagian dari suatu obyek atau sistem kerja pada beban penuh sepanjang waktu. Menghilangkan semua tindakan yang menganggur atau intermiten.
21.	<i>Hurrying or skipping</i>	Melakukan proses, atau tahapan tertentu (misalnya, merusak, berbahaya, atau operasi berbahaya), dengan kecepatan tinggi.
22.	<i>Blessing in disguise or 'turn lemons into lemonade'</i>	Menggunakan faktor berbahaya (terutama, efek berbahaya dari lingkungan atau sekitarnya) untuk mencapai efek positif. Menghilangkan tindakan utama yang berbahaya dengan menambahkannya ke tindakan berbahaya lain untuk menyelesaikan masalah. Memperkuat faktor berbahaya bagi sedemikian rupa sehingga tidak lagi berbahaya.
23.	<i>Feedback</i>	Memperkenalkan umpan balik untuk meningkatkan proses atau tindakan. Jika umpan balik sudah digunakan, mengubah besarnya atau pengaruhnya.
24.	<i>Intermediary</i>	Menggunakan sebuah benda perantara atau proses perantara. Menggabungkan satu objek sementara dengan yang lain yang dapat dengan mudah dipindah kembali.
25.	<i>Self-service</i>	Membuat obyek atau sistem melayani sendiri dengan melakukan fungsi bantu tambahan. Menggunakan sumber daya, termasuk energi dan material, terutama yang awalnya terbuang, untuk meningkatkan sistem.

No	Prinsip	Penjelasan
26.	<i>Copying</i>	Tidak menggunakan sebuah objek tidak tersedia, mahal atau rapuh, tetapi gunakan yang sederhana, salinan murah. Ganti obyek atau sistem atau proses dengan salinan optik. Jika salinan optik yang terlihat sudah digunakan, mengubah panjang gelombang ke inframerah atau ultraviolet.
27.	<i>Cheap disposables</i>	Ganti obyek yang mahal dengan beberapa objek murah, mengorbankan kualitas tertentu (misalnya, umur).
28.	<i>Mechanical interaction substitution</i>	Mengganti metode mekanik dengan metode sensorik (optik, akustik, rasa atau bau). Gunakan medan listrik, magnet, dan medan elektromagnetik untuk berinteraksi dengan objek. Ubah dari statis menjadi bidang yang bergerak ke mereka yang memiliki struktur. Gunakan bidang dalam hubungannya dengan partikel bidang yang diaktifkan (misalnya, feromagnetik).
29.	<i>Pneumatics and hydraulics</i>	Menggunakan gas atau cair sebagai bagian dari suatu obyek atau sistem bukan bagian padat. (misalnya, tiup, diisi dengan cairan, bantalan udara, hidrostatik, bagian hydroreactive)
30.	<i>Flexible shells and thin films</i>	Gunakan kerangka yang fleksibel dan lapisan yang tipis bukannya struktur tiga dimensi. Mengisolasi objek dari lingkungan eksternal menggunakan kerangka yang fleksibel dan lapisan yang tipis.
31.	<i>Porous materials</i>	Membuat objek berpori atau menambahkan elemen berpori (sisipan, pelapis, dll). Jika objek sudah berpori, gunakan pori-pori untuk memperkenalkan bahan atau fungsi yang bermanfaat.
32.	<i>Optical property changes</i>	Mengubah warna atau transparansi dari suatu obyek atau lingkungan eksternalnya.
33.	<i>Homogeneity</i>	Membuat objek yang berinteraksi dari bahan yang sama (atau bahan dengan sifat identik).
34.	<i>Discarding and recovering</i>	Membuat bagian-bagian dari sebuah benda yang telah memenuhi fungsi mereka pergi (membuang dengan melarutkan, penguapan, dll) atau memodifikasi mereka secara langsung selama operasi. Sebaliknya, mengembalikan bagian yang bersifat konsumsi dari sebuah objek langsung dalam operasi.
35.	<i>Parameter changes</i>	Mengubah keadaan fisik obyek (menjadi gas, cair, atau padat). Mengubah konsentrasi atau konsistensi. Mengubah tingkat fleksibilitas. Mengubah suhu

No	Prinsip	Penjelasan
36.	<i>Phase transitions</i>	Menggunakan fenomena yang terjadi selama fase transisi (contohnya perubahan volume, kehilangan atau penyerapan panas, dll).
37.	<i>Thermal expansion</i>	Gunakan ekspansi termal (atau kontraksi) dari material. Jika ekspansi termal yang digunakan, pilih beberapa bahan dengan koefisien yang berbeda dari ekspansi termal.
38.	<i>Strong oxidants</i>	Menggantikan udara yang umum dengan udara yang kaya oksigen. Ganti dengan udara yang diperkaya dengan oksigen murni. membuka udara atau oksigen ke radiasi pengion. Menggunakan oksigen yang terozonisasi. Ganti yang terozonisasi (oksigen terionisasi) dengan ozon.
39.	<i>Inert atmosphere</i>	Ganti lingkungan yang normal dengan satu yang inert. Tambahkan bagian netral atau aditif inert ke suatu objek atau sistem.
40.	<i>Composite materials</i>	Ubah dari seragam ke komposit (beberapa) material dan sistem.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

## Lampiran 2 – 39 Engineering Parameters

No	Parameter	Penjelasan
1.	<i>Weight of moving object</i>	Massa dari objek dalam medan gravitasi. Gaya yang tubuh berikan untuk menunjang dan menyangga.
2.	<i>Weight of stationary object</i>	Massa dari objek dalam medan gravitasi. Gaya yang tubuh berikan untuk menunjang dan menyangga atau pada permukaan yang sebagai tumpuan.
3.	<i>Length of moving object</i>	Setiap dimensi linear, belum tentu terpanjang, dianggap panjang.
4.	<i>Length of stationary object</i>	Sama.
5.	<i>Area moving object</i>	Karakteristik geometris dijelaskan oleh bagian dari sebuah bidang yang ditempati oleh garis. Bagian dari permukaan terisi oleh objek atau ukuran persegi dari permukaan, baik internal maupun eksternal dari suatu objek.
6.	<i>Area stationary</i>	Sama. Panjang x lebar x tinggi untuk objek yang persegi panjang, tinggi x wilayah untuk silinder, dll.
7.	<i>Volume moving object</i>	Ukuran cubic dari ruang yang ditempati oleh objek.
8.	<i>Volume stationary</i>	Sama.
9.	<i>Speed</i>	Kecepatan dari sebuah objek. Tingkat proses atau tindakan dalam waktu.
10.	<i>Force</i>	Gaya mengukur interaksi antara sistem. Dalam fisika Newton, gaya = massa x percepatan. Dalam TRIZ, gaya adalah interaksi yang dimaksudkan untuk mengubah kondisi obyek.
11.	<i>Stress or pressure</i>	Gaya per satuan luas. Tekanan.
12.	<i>Shape</i>	Kontur eksternal, penampilan sistem.
13.	<i>Stability of the object's composition</i>	Keutuhan atau integritas sistem. Hubungan elemen dari sistem. Pakai, dekomposisi kimia, dan pembongkaran semua penurunan stabilitas. Meningkatkan entropi adalah penurunan stabilitas.
14.	<i>Strength</i>	Sejauh mana objek mampu menahan perubahan dalam menanggapi tekanan. Daya tahan terhadap kerusakan.
15.	<i>Duration of action by a moving object</i>	Waktu yang objek dapat melakukan tindakan. Lama pelayanan. Rata-rata waktu antar kegagalan adalah perhitungan durasi tindakan. Juga, daya tahan.
16.	<i>Duration of action by a stationary object</i>	Sama.

No	Parameter	Penjelasan
17.	<i>Temperature</i>	Kondisi Termal objek atau sistem. Dengan bebas termasuk parameter termal lainnya, seperti kapasitas panas, yang mempengaruhi laju perubahan suhu.
18.	<i>Illumination intensity</i>	fluks cahaya per satuan luas, juga setiap karakteristik pencahayaan lain dari sistem seperti kecerahan, kualitas cahaya, dll.
19.	<i>Use of energy by moving object</i>	ukuran kapasitas objek untuk melakukan pekerjaan. Dalam mekanika klasik, energi adalah produk dari jarak gaya X. Ini termasuk penggunaan energi yang disediakan oleh sistem super (seperti energi listrik atau panas. ) Energi yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan tertentu.
20.	<i>Use of energy by stationary object</i>	Sama.
21.	<i>Power</i>	Tingkat waktu di mana pekerjaan dilakukan. Tingkat penggunaan energi.
22.	<i>Loss of energy</i>	Gunakan energi yang tidak berkontribusi pada pekerjaan yang sedang dilakukan. Mengurangi kehilangan energi yang kadang-kadang membutuhkan teknik yang berbeda dari peningkatan penggunaan energi, yang mengapa ini adalah kategori yang terpisah.
23.	<i>Loss of substance</i>	Sebagian atau lengkap, permanen atau sementara, kehilangan beberapa dari sistem bahan, zat, bagian, atau subsistem.
24.	<i>Loss of information</i>	Partial atau lengkap, permanen atau sementara, kehilangan data atau akses ke data di atau oleh suatu sistem. Sering mencakup data sensorik seperti aroma, tekstur, dan lain-lain.
25.	<i>Loss of time</i>	Waktu adalah durasi aktivitas. Meningkatkan hilangnya waktu berarti mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk aktivitas tersebut. "Siklus penurunan waktu" adalah istilah umum.
26.	<i>Quantity of substance/the matter</i>	Jumlah dari bahan, zat, bagian atau subsistem dari suatu sistem yang mungkin dapat berubah sepenuhnya atau sebagian, permanen atau sementara.
27.	<i>Reliability</i>	Kemampuan sistem untuk menjalankan fungsi yang diinginkan dalam cara dan kondisi terprediksi.
28.	<i>Measurement accuracy</i>	Kedekatan nilai diukur dengan nilai sebenarnya dari sebuah properti dari sistem. Mengurangi kesalahan dalam peningkatan pengukuran akurasi pengukuran.
29.	<i>Manufacturing precision</i>	sejauh mana karakteristik sebenarnya dari sistem atau objek sesuai dengan karakteristik tertentu atau yang diperlukan.



No	Parameter	Penjelasan
30.	<i>External harm affects the object</i>	Kerentanan sistem untuk keluaran yang menghasilkan efek (berbahaya)
31.	<i>Object-generated harmful factors</i>	Efek berbahaya adalah salah satu yang mengurangi efisiensi atau kualitas fungsi objek atau sistem, yang dihasilkan oleh objek atau sistem sebagai bagian dari operasinya.
32.	<i>Ease of manufacture</i>	Tingkat fasilitas, kenyamanan atau kemudahan di objek atau sistem manufaktur atau fabrikasi.
33.	<i>Ease of operation</i>	Kesederhanaan: Proses ini tidak mudah jika membutuhkan banyak orang, banyak langkah dalam operasi, perlu alat khusus, dll. Proses (sulit) memiliki hasil yang rendah dan proses (mudah) memiliki hasil yang tinggi; mereka mudah untuk melakukan yang benar.
34.	<i>Ease of repair</i>	Karakteristik kualitas seperti kemudahan, kenyamanan, kesederhanaan, dan waktu untuk memperbaiki kesalahan, kegagalan, atau cacat dalam suatu sistem.
35.	<i>Adaptability or versatility</i>	sejauh mana sistem atau objek merespon positif terhadap perubahan eksternal. Sebuah sistem yang dapat digunakan dalam berbagai cara dalam berbagai situasi.
36.	<i>Device complexity</i>	Jumlah dan keragaman elemen dan hubungan elemen dalam sebuah sistem. Pengguna dapat menjadi elemen dari sistem yang meningkatkan kompleksitas. Kesulitan menguasai sistem adalah ukuran dari kompleksitas.
37.	<i>Difficulty of detecting and measuring</i>	Mengukur atau pemantauan sistem yang kompleks dan mahal, memerlukan banyak waktu dan tenaga untuk membuat dan menggunakan, atau yang memiliki hubungan kompleks antara komponen atau komponen yang saling mengganggu menunjukkan "kesulitan mendeteksi dan mengukur." Peningkatan biaya pengukuran untuk kesalahan yang memuaskan juga merupakan tanda peningkatan kesulitan pengukuran.
38.	<i>Extent of automation</i>	Sejauh mana sistem atau objek melakukan fungsinya tanpa antarmuka manusia. Tingkat terendah dari otomatisasi adalah penggunaan alat yang dioperasikan secara manual. Untuk tingkat menengah, manusia memprogram alat, mengamati operasi, dan memprogram ulang sesuai kebutuhan. Untuk tingkat tertinggi, sensor mesin operasi diperlukan, program itu sendiri, dan memonitor operasi sendiri.

39.	<i>Productivity</i>	Jumlah fungsi atau operasi yang dilakukan oleh sistem per satuan waktu. Waktu untuk fungsi satuan atau operasi. Output per satuan waktu atau biaya per unit output.
-----	---------------------	---

### Lampiran 3 – Contradiction Matrix

		Worsened Feature									
Improved Feature		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Weight of moving object	all	all	15, 8, 29, 34	all	29, 17, 38, 34	all	29, 2, 40, 28	all	2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37
2	Weight of stationary object	all	all	all	10, 1, 29, 35	all	35, 30, 13, 2	all	5, 35, 14, 2	all	8, 10, 19, 35
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34	all	all	all	15, 17, 4	all	7, 17, 4, 35	all	13, 4, 8	17, 10, 4
4	Length of stationary object	all	35, 28, 40, 29	all	all	all	17, 7, 10, 40	all	35, 8, 2, 14	all	28, 10
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4	all	14, 15, 18, 4	all	all	all	7, 14, 17, 4	all	29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2
6	Area of stationary object	all	30, 2, 14, 18	all	26, 7, 9, 39	all	all	all	all	all	1, 18, 35, 36
7	Volume of moving object	2, 26, 29, 40	all	1, 7, 4, 35	all	1, 7, 4, 17	all	all	all	29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37
8	Volume of stationary object	all	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	all	all	all	all	all	2, 18, 37
9	Speed	2, 28, 13, 38	all	13, 14, 8	all	29, 30, 34	all	7, 29, 34	all	all	13, 28, 15, 19
10	Force	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12	all

11	Stress or pressure	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	6, 35, 10	35, 24	6, 35, 36	36, 35, 21
12	Shape	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10	all	14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40
13	Stability of the object's composition	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16
14	Strength	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14
15	Duration of action by a moving object	19, 5, 34, 31	all	2, 19, 9	all	3, 17, 19	all	10, 2, 19, 30	all	3, 35, 5	19, 2, 16
16	Duration of action by stationary object	all	6, 27, 19, 16	all	1, 40, 35	all	all	all	35, 34, 38	all	all
17	Temperature	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21
18	Illumination intensity	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16	all	19, 32, 26	all	2, 13, 10	all	10, 13, 19	26, 19, 6
19	Use of energy by moving object	12, 18, 2, 8, 31	all	12, 28	all	15, 19, 25	all	35, 13, 18	all	8, 35, 35	16, 26, 21, 2
20	Use of energy by stationary object	all	19, 9, 6, 27	all	all	all	all	all	all	all	36, 37

		Worsened Feature									
Improved Feature		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Power	8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37		19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25	15, 35, 2	26, 2, 36, 35
22	Loss of Energy	15, 6, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 30	17, 7, 30, 18	7, 18, 23	7	16, 35, 38	36, 38
23	Loss of substance	35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	10, 28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	3, 39, 18, 31	10, 13, 28, 38	14, 15, 18, 40
24	Loss of Information	10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26	30, 16		2, 22	26, 32	
25	Loss of Time	10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18	all	10, 37, 36, 5
26	Quantity of substance/the matter	35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18	all	15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29	all	35, 29, 34, 28	35, 14, 3
27	Reliability	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10, 14, 24	2, 35, 24	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3
28	Measurement accuracy	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6	all	28, 13, 32, 24	32, 2
29	Manufacturing precision	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 23, 2	25, 10, 35	10, 28, 32	28, 19, 34, 36
30	External harm affects the object	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 37, 35	34, 39, 19, 27	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18

31	Object-generated harmful factors	19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22	all	17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 40	30, 18, 35, 4	35, 28, 3, 23	35, 28, 1, 40
32	Ease of manufacture	28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 40	13, 29, 1, 40	35	35, 13, 8, 1	35, 12
33	Ease of operation	25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12	all	1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 39, 31	18, 13, 34	28, 13, 35
34	Ease of repair	2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 13, 32	16, 25	25, 2, 35, 11	1	34, 9	1, 11, 10
35	Adaptability or versatility	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29	all	35, 10, 14	15, 17, 20
36	Device complexity	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16	34, 10, 28	26, 16
37	Difficulty of detecting and measuring	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 26, 31	3, 4, 16, 35	30, 28, 40, 19
38	Extent of automation	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13	all	35, 13, 16	all	28, 10	2, 35
39	Productivity	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10	35, 37, 10, 2	all	28, 15, 10, 36

		Worsened Feature									
Improved Feature		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Weight of moving object	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35	all	6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31	all
2	Weight of stationary object	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40	28, 2, 10, 27	all	2, 27, 19, 6	28, 19, 32, 22	19, 32, 35	all	18, 19, 28, 1
3	Length of moving object	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19	all	10, 15, 19	32	8, 35, 24	all
4	Length of stationary object	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	15, 14, 28, 26	all	1, 10, 35	3, 35, 38, 18	3, 25	all	all
5	Area of moving object	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3	all	2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32	all
6	Area of stationary object	10, 15, 36, 37	all	2, 38	40	all	2, 10, 19, 30	35, 39, 38	all	all	all
7	Volume of moving object	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 35, 4	all	34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35	all
8	Volume of stationary object	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15	all	35, 34, 38	35, 6, 4	all	all	all
9	Speed	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5	all	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	all
10	Force	18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21	35, 10, 14, 27	19, 2	all	35, 10, 21	all	19, 17, 10	1, 16, 36, 37
11	Stress or pressure	all	35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	9, 18, 3, 40	19, 3, 27	all	35, 39, 19, 2	all	14, 24, 10, 37	all

12	Shape	34, 15, 10, 14	all	33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25	all	22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14	all
13	Stability of the object's composition	2, 35, 40	22, 1, 18, 4	all	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	35, 1, 32	32, 3, 27, 16	13, 19	27, 4, 29, 18
14	Strength	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	13, 17, 35	v	27, 3, 26	all	30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10	35
15	Duration of action by a moving object	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	27, 3, 10	all	all	19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18	all
16	Duration of action by a stationary object	all	all	39, 3, 35, 23	all	all	all	19, 18, 36, 40	all	all	all
17	Temperature	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40	all	32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17	all
18	Illumination intensity	all	32, 30	32, 3, 27	35, 19	2, 19, 6	all	32, 35, 19	all	32, 1, 19	32, 35, 1, 15
19	Use of energy by moving object	23, 14, 25	12, 2, 29	19, 13, 17, 24	5, 19, 9, 35	28, 35, 6, 18	all	19, 24, 3, 14	2, 15, 19	all	all

		Worsened Feature									
Improved Feature		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20	Use of energy by stationary object	all	all	27, 4, 29, 18	35	all	all	all	19, 2, 35, 32	all	all
21	Power	22, 10, 35	29, 14, 2, 40	35, 32, 15, 31	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37	all
22	Loss of energy	all	all	14, 2, 39, 6	26	all	all	19, 38, 7	1, 13, 32, 15	all	all
23	Loss of substance	3, 36, 37, 10	29, 35, 3, 5	2, 14, 30, 40	35, 28, 31, 40	28, 27, 3, 18	27, 16, 18, 38	21, 36, 39, 31	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31
24	Loss of information	all	all	all	all	10	10	all	19	all	all
25	Loss of time	37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 5	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16	35, 29, 21, 18	1, 19, 26, 17	35, 38, 19, 18	1
26	Quantity of substance/the matter	10, 36, 14, 3	35, 14	15, 2, 17, 40	14, 35, 34, 10	3, 35, 10, 40	3, 35, 31	3, 17, 39	all	34, 29, 16, 18	3, 35, 31
27	Reliability	10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11	all	11, 28	2, 35, 3, 25	34, 27, 6, 40	3, 35, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23
28	Measurement accuracy	6, 28, 32	6, 28, 32	32, 35, 13	28, 6, 32	28, 6, 32	10, 26, 24	6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3, 5, 32	all
29	Manufacturing precision	3, 35	32, 30, 40	30, 18	3, 27	3, 27, 40	all	19, 26	3, 32	32, 2	all
30	External harm affects the object	22, 2, 37	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18	18, 35, 37, 1	22, 15, 33, 28	17, 1, 40, 33	22, 33, 35, 2	1, 19, 32, 13	1, 24, 6, 27	10, 2, 22, 37
31	Object-generated harmful factors	2, 33, 27, 18	35, 1	35, 40, 27, 39	15, 35, 22, 2	15, 22, 33, 31	21, 39, 16, 22	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2, 35, 6	19, 22, 18
32	Ease of manufacture	35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27	11, 13, 1	1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16	27, 26, 18	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4
33	Ease of operation	2, 32, 12	15, 34, 29, 28	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25	26, 27, 13	13, 17, 1, 24	1, 13, 24	all
34	Ease of repair	13	1, 13, 2, 4	2, 35	11, 1, 2, 9	11, 29, 28, 27	1	4, 10	15, 1, 13	15, 1, 28, 16	all
35	Adaptability or versatility	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14	35, 3, 32, 6	13, 1, 35	2, 16	27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 1	19, 35, 29, 13	all
36	Device complexity	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 22, 17, 19	2, 13, 28	10, 4, 28, 15	all	2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28	all
37	Difficulty of detecting and measuring	35, 36, 37, 32	27, 13, 1, 39	11, 22, 39, 30	27, 3, 15, 28	19, 29, 39, 25	25, 34, 6, 35	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	19, 35, 16
38	Extent of automation	13, 35	15, 32, 1, 13	18, 1	25, 13	6, 9	all	26, 2, 19	8, 32, 19	2, 32, 13	all
39	Productivity	10, 37, 14	14, 10, 34, 40	35, 3, 22, 39	29, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10, 16, 38	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	1



		Worsened Feature									
Improved Feature		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Weight of moving object	12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	1, 3, 11, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27
2	Weight of stationary object	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37
3	Length of moving object	1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	15, 2, 29	29, 35	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24
4	Length of stationary object	12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26	30, 29, 14	all	15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 10
5	Area of moving object	19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30, 6, 13	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1
6	Area of stationary object	17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35
7	Volume of moving object	35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	2, 6, 34, 10	29, 30, 7	14, 1, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35
8	Volume of stationary object	30, 6	all	10, 39, 35, 34	all	35, 16, 32, 18	35, 3	2, 35, 16	all	35, 10, 25	34, 39, 19, 27
9	Speed	19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26	all	10, 19, 29, 38	11, 35, 27, 23	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23
10	Force	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5	all	10, 37, 36	14, 29, 18, 36	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18
11	Stress or pressure	10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 3, 37	all	37, 36, 4	10, 14, 36	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37

12	Shape	4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5	all	14, 10, 34, 17	36, 22	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35
13	Stability of the object's composition	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40	all	35, 27	15, 32, 35	all	13	18	35, 24, 30, 18
14	Strength	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40	all	29, 3, 28, 10	29, 10, 27	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1
15	Duration of action by a moving object	19, 10, 35, 38	all	28, 27, 3, 18	10	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28
16	Duration of action by a stationary object	16	all	27, 16, 18, 38	10	28, 20, 10, 16	3, 35, 31	34, 27, 6, 40	10, 26, 24	all	17, 1, 40, 33
17	Temperature	2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31	all	35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2
18	Illumination intensity	32	13, 16, 1, 6	13, 1	1, 6	19, 1, 26, 17	1, 19	all	11, 15, 32	3, 32	15, 19
19	Use of energy by moving object	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5	all	35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	19, 21, 11, 27	3, 1, 32	all	1, 35, 6, 27

		Worsened Feature									
Improved Feature		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
20	Use of energy by stationary object	all	all	28, 27, 18, 31	all	all	3, 35, 31	10, 36, 23	all	all	10, 2, 22, 37
21	Power	all	10, 35, 38	28, 27, 18, 38	10, 19	35, 20, 10, 6	4, 34, 19	19, 24, 26, 31	32, 15, 2	32, 2	19, 22, 31, 2
22	Loss of Energy	3, 38	all	35, 27, 2, 37	19, 10	10, 18, 32, 7	7, 18, 25	11, 10, 35	32	all	21, 22, 35, 2
23	Loss of substance	28, 27, 18, 38	35, 27, 2, 31	all	all	15, 18, 35, 10	6, 3, 10, 24	10, 29, 39, 35	16, 34, 31, 28	35, 10, 24, 31	33, 22, 30, 40
24	Loss of Information	10, 19	19, 10	all	all	24, 26, 28, 32	24, 28, 35	10, 28, 23	all	all	22, 10, 1
25	Loss of Time	35, 20, 10, 6	10, 5, 18, 32	35, 18, 10, 39	24, 26, 28, 32	all	35, 38, 18, 16	10, 30, 4	24, 34, 28, 32	24, 26, 28, 18	35, 18, 34
26	Quantity of substance/ matter	35	7, 18, 25	6, 3, 10, 24	24, 28, 35	35, 38, 18, 16	all	18, 3, 28, 40	13, 2, 28	33, 30	35, 33, 29, 31
27	Reliability	21, 11, 26, 31	10, 11, 35	10, 35, 29, 39	10, 28	10, 30, 4	21, 28, 40, 3	all	32, 3, 11, 23	11, 32, 1	27, 35, 2, 40
28	Measurement accuracy	3, 6, 32	26, 32, 27	10, 16, 31, 28	all	24, 34, 28, 32	2, 6, 32	5, 11, 1, 23	all	all	28, 24, 22, 26
29	Manufacturing precision	32, 2	13, 32, 2	35, 31, 10, 24	all	32, 26, 23, 18	32, 30	11, 32, 1	all	all	26, 28, 10, 36
30	External harm affects the object	19, 22, 31, 2	21, 22, 35, 2	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	35, 18, 34	35, 33, 29, 31	27, 24, 2, 40	28, 33, 23, 26	26, 28, 10, 18	all
31	Object-generated harmful factors	2, 35, 18	21, 35, 2, 22	10, 1, 34	10, 21, 29	1, 22	3, 24, 39, 1	24, 2, 40, 39	3, 33, 26	4, 17, 34, 26	all
32	Ease of manufacture	27, 1, 12, 24	19, 35	15, 34, 33	32, 24, 18, 16	35, 28, 34, 4	35, 23, 1, 24		1, 35, 12, 18	all	24, 2
33	Ease of operation	35, 34, 2, 10	2, 19, 13	28, 32, 2, 24	4, 10, 27, 22	4, 28, 10, 34	12, 35	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39
34	Ease of repair	15, 10, 32, 2	15, 1, 32, 19	2, 35, 34, 27	all	32, 1, 10, 25	2, 28, 10, 25	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 10, 2, 16
35	Adaptability or versatility	19, 1, 29	18, 15, 1	15, 10, 2, 13	all	35, 28	3, 35, 15	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10	all	35, 11, 32, 31
36	Device complexity	20, 19, 30, 34	10, 35, 13, 2	35, 10, 28, 29	all	6, 29	13, 3, 27, 10	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40
37	Difficulty of detecting and measuring	18, 1, 16, 10	35, 3, 15, 19	1, 18, 10, 24	35, 33, 27, 22	18, 28, 32, 9	3, 27, 29, 18	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28	all	22, 19, 29, 28
38	Extent of automation	28, 2, 27	23, 28	35, 10, 18, 5	35, 33	24, 28, 35, 30	35, 13	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33
39	Productivity	35, 20, 10	28, 10, 29, 35	28, 10, 35, 23	13, 15, 23	all	35, 38	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	18, 10, 32, 1	22, 35, 13, 24



		Worsened Feature									
Improved Feature		31	32	33	34	35	36	37	38	39	
1	Weight of moving object	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37	
2	Weight of stationary object	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35	
3	Length of moving object	17, 15	1, 29, 17	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29	
4	Length of stationary object	all	15, 17, 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	26	all	30, 14, 7, 26	
5	Area of moving object	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2	
6	Area of stationary object	22, 1, 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 16	23	10, 15, 17, 7	
7	Volume of moving object	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34	
8	Volume of stationary object	30, 18, 35, 4	35	all	1	all	1, 31	2, 17, 26		35, 37, 10, 2	
9	Speed	2, 24, 35, 21	35, 13, 8, 1	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18	all	
10	Force	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37	
11	Stress or pressure	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37	
12	Shape	35, 1	1, 32, 17, 28	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10	
13	Stability of the object's composition	35, 40, 27, 39	35, 19	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3	
14	Strength	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	32, 40, 25, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 25, 28	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14	
15	Duration of action by a moving object	21, 39, 16, 22	27, 1, 4	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19	
16	Duration of action by a stationary object	22	35, 10	1	1	2	all	25, 34, 6, 35	1	20, 10, 16, 38	
17	Temperature	22, 35, 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	26, 2, 19, 16	15, 28, 35	
18	Illumination intensity	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16	
19	Use of energy by moving object	2, 35, 6	28, 26, 30	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35	

		Worsened Feature								
Improved Feature		31	32	33	34	35	36	37	38	39
20	Use of energy by stationary object	19, 22, 18	1, 4	all	all	all	all	19, 35, 16, 25	all	1, 6
21	Power	2, 35, 18	26, 10, 34	26, 35, 10	35, 2, 10, 34	19, 17, 34	20, 19, 30, 34	19, 35, 16	28, 2, 17	28, 35, 34
22	Loss of energy	21, 35, 2, 22	all	35, 32, 1	2, 19	all	7, 23	35, 3, 15, 23	2	28, 10, 29, 35
23	Loss of substance	10, 1, 34, 29	15, 34, 33	32, 28, 2, 24	2, 35, 34, 27	15, 10, 2	35, 10, 28, 24	35, 18, 10, 13	35, 10, 18	28, 35, 10, 23
24	Loss of information	10, 21, 22	32	27, 22	all	all	all	35, 33	35	13, 23, 15
25	Loss of time	35, 22, 18, 39	35, 28, 34, 4	4, 28, 10, 34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18, 28, 32, 10	24, 28, 35, 30	all
26	Quantity of substance/ matter	3, 35, 40, 39	29, 1, 35, 27	35, 29, 25, 10	2, 32, 10, 25	15, 3, 29	3, 13, 27, 10	3, 27, 29, 18	8, 35	13, 29, 3, 27
27	Reliability	35, 2, 40, 26	all	27, 17, 40	1, 11	13, 35, 8, 24	13, 35, 1	27, 40, 28	11, 13, 27	1, 35, 29, 38
28	Measurement accuracy	3, 33, 39, 10	6, 35, 25, 18	1, 13, 17, 34	1, 32, 13, 11	13, 35, 2	27, 35, 10, 34	26, 24, 32, 28	28, 2, 10, 34	10, 34, 28, 32
29	Manufacturing precision	4, 17, 34, 26	all	1, 32, 35, 23	25, 10	all	26, 2, 18	all	26, 28, 18, 23	10, 18, 32, 39
30	External harm affects the object	all	24, 35, 2	2, 25, 28, 39	35, 10, 2	35, 11, 22, 31	22, 19, 29, 40	22, 19, 29, 40	33, 3, 34	22, 35, 13, 24
31	Object-generated harmful factors	all	all	all	all	all	19, 1, 31	2, 21, 27, 1	2	22, 35, 18, 39
32	Ease of manufacture	all	all	2, 5, 13, 16	35, 1, 11, 9	2, 13, 15	27, 26, 1	6, 28, 11, 1	8, 28, 1	35, 1, 10, 28
33	Ease of operation	all	2, 5, 12	all	12, 26, 1, 32	15, 34, 1, 16	32, 26, 12, 17	all	1, 34, 12, 3	15, 1, 28
34	Ease of repair	all	1, 35, 11, 10	1, 12, 26, 15	all	7, 1, 4, 16	35, 1, 13, 11	all	34, 35, 7, 13	1, 32, 10
35	Adaptability or versatility	all	1, 13, 31	15, 34, 1, 16	1, 16, 7, 4	all	15, 29, 37, 28	all	27, 34, 35	35, 28, 6, 37
36	Device complexity	19, 1	27, 26, 1, 13	27, 9, 26, 24	1, 13	29, 15, 28, 37	all	15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28
37	Difficulty of detecting and measuring	2, 21	5, 28, 11, 29	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10, 37, 28	all	34, 21	35, 18
38	Extent of automation	2	1, 26, 13	1, 12, 34, 3	1, 35, 13	27, 4, 1, 35	15, 24, 10	34, 27, 25	all	5, 12, 35, 26
39	Productivity	35, 22, 18, 39	35, 28, 2, 24	1, 28, 7, 10	1, 32, 10, 25	1, 35, 28, 37	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	all

## Lampiran 4 : Kuisisioner Pengambilan DATA untuk FMEA

- Peneliti : Sherva Rafsanjani
- Perihal : Pengisian Kuisisioner
- Nama Responden (umur) : 1. Pak Sholeh (46 tahun)  
2. Pak Helga (38 tahun)  
3. Pak Budi (36 tahun)
- Jabatan (lama pekerjaan) : 1. Kepala Produksi ( 9 tahun jabatan kerja)  
2. Spv. Quality Control ( 7 tahun jabatan kerja)  
3. Ka.R.Maintenance ( 5 tahun jabatan kerja)

Dalam rangka penelitian “Pengendalian dan Perbaikan Kualitas Proses Produksi Kemasan Produk Menggunakan Diagram Kontrol  $D^2$  (Mahalanobis Distance) dan Integrasi FMEA-TRIZ” maka mengharapkan kesediaan dan bantuan bapak/ibu untuk mengisi kuisisioner mengenai FMEA sesuai dengan kondisi yang terjadi di perusahaan.

Data Kuisisioner ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui kemungkinan cacat produk yang dihubungkan dengan proses produksi
2. Mengetahui penyebab kegagalan produk pada proses kritis ( memiliki *defect* terbesar) sebelum sampai ke *customer*.

Kuisisioner ini hanya untuk kepentingan ilmiah semata dan semua data tersebut diatas berguna sebagai bahan masukan untuk penelitian kami.

Demikian atas perhatian dan bantuan Bapak/Ibu kami sampaikan terima kasih.

### ➤ DATA UNTUK FMEA

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) ialah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin modus kegagalan. FMEA

menilai resiko-resiko yang berhubungan dengan potensi kegagalan (*failure*) dan menyediakan dasar yang baik untuk pengklasifikasian karakteristik.

Terminologi FMEA adalah :

**1. *Component***

Komponen dari sistem atau alat yang dianalisa

**2. *Potential Failure Mode***

*Potential Failure Mode* menggambarkan cara dimana sebuah produk atau proses dapat gagal dalam melaksanakan fungsi yang diperlukan sebagai gambaran keinginan, kebutuhan dan harapan dari internal dan eksternal *customer*.

**3. *Failure Effect***

Dampak atau akibat yang ditimbulkan jika komponen tersebut gagal seperti disebutkan dalam *potential failure mode*

**4. *Severity (S)***

*Severity* merupakan kuantifikasi seberapa serius kondisi yang diakibatkan jika terjadi kegagalan yang diakibatkan dan disebutkan dalam *Failure Effect*.

Menurut tingkat keseriusan, *severity* dinilai pada skala 1 sampai 10.

Tabel 1. Skala dari *severity*

<i>RATING</i>	<i>EFFECT</i>	<i>SEVERITY EFFECT</i>
10	<i>Hazardous without warning</i>	Tingkat keparahan sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi sistem <i>safety</i> tanpa peringatan
9	<i>Hazardous with warning</i>	Tingkat keparahan sangat tinggi ketika mode kegagalan potensial mempengaruhi sistem <i>safety</i> dengan peringatan
8	<i>Very High</i>	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kegagalan menyebabkan kerusakan tanpa membahayakan keselamatan
7	<i>High</i>	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan peralatan
6	<i>Moderate</i>	Sistem tidak dapat beroperasi dengan kerusakan kecil ( <i>minor</i> )
5	<i>Low</i>	Sistem tidak dapat beroperasi tanpa kerusakan
4	<i>Very Low</i>	Sistem dapat beroperasi dengan kinerja mengalami penurunan secara signifikan
3	<i>Minor</i>	Sistem dapat beroperasi dengan kinerja mengalami beberapa penurunan

2	<i>Very Minor</i>	Sistem dapat beroperasi dengan sedikit gangguan
1	<i>None</i>	Tidak ada pengaruh

Berilah **RATING** (dalam bentuk angka) untuk setiap kegagalan sesuai ketentuan skala **SEVERITY**.

No	Fungsi Proses	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	<i>Rating (Severity)</i>
1	<b>Printing (Defect Miss Print)</b>	Komponen <i>cylinder</i>	Tention pada layer film tidak bisa stabil	6
2			Tekanan impression roll pada bagian cyl rendah	7
3			Kerusakan bearing di cyl, impression roll dan idle roll	8
4			Timbul gejala tidak lancar pada proses print	6
5		Hazing (warna kabur pada area tercetak)	<i>Poor Doctoring</i> (parutan <i>blade</i> pada <i>screen</i> tidak bisa rata)	5
6			Terlalu banyak akrilik pada <i>vinyl ink</i>	4
7			Hasil <i>chrome</i> pada <i>cylinder</i> kasar	7
8			Tinta terlalu kering tidak cukup untuk melumasi / melicinkan	6
9	<b>Warna</b>	Warna tidak standart	Viskositas & <i>Density</i> tinta tidak sesuai	7
10			Tampilan warna cetakan tidak sesuai (tipis)	4
11		Warna tidak teratur	Kelebihan <i>Pigmentation</i> pada tinta	2
12	<b>Garis</b>	Garis besar	Tinta kotor	4
13			Komposisi tinta tidak sesuai	7
14		Garis besar putus-putus	Setting <i>doctor blade</i> tidak sesuai	3
15			Setelan penempatan Pelampung salah	2
16			Keran tinta kotor	2
17		Garis kecil seperti rambut	Hasil print terdapat pola garis	1
18			Blade mudah aus	2
19			Kotoran mudah tersangkut	3
20		Garis cetakan <i>double</i>	Timbul pigmen di sepanjang <i>doctor blade</i>	4
21		Garis pada <i>background</i>	Keran tinta kotor	2

### 5. Occurance (O)

Tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan. Ditunjukkan dalam 10 level (1,2,...,10) dari yang hampir tidak pernah terjadi (1) sampai yang paling mungkin terjadi atau sulit dihindari (10).

Tabel 2. Skala *Occurance* (O)

Rating	Probability of Occurance	Failure Probability
10	<i>Very High</i> (VH) : Kegagalan hampir tidak bisa dihindari	>1 in 2
9	<i>Very High</i> (VH) : Kegagalan hampir tidak bisa dihindari	>1 in 3
8	<i>High</i> (H) : Kegagalan Berulang	1 in 8
7	<i>High</i> (H) : Kegagalan Berulang	1 in 20
6	<i>Moderate</i> (M) : sesekali kegagalan	1 in 80
5	<i>Moderate</i> (M) : sesekali kegagalan	1 in 400
4	<i>Moderate</i> (M) : sesekali kegagalan	1 in 2000
3	<i>Low</i> (L) : relative sedikit kegagalan	1 in 15000
2	<i>Low</i> (L) : relative sedikit kegagalan	1 in 150000
1	<i>Low</i> (L) : relative sedikit kegagalan	<1 in 150000

Berilah **RATING** (dalam bentuk angka) untuk tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan sesuai ketentuan skala **OCCURANCE**.

No	Fungsi Proses	Failure Mode	Failure Effect	Rating (Occurance)
1	<b>Printing (Defect Miss Print)</b>	Komponen <i>cylinder</i>	Tention pada layer film tidak bisa stabil	4
2			Tekanan impression roll pada bagian cyl rendah	8
3			Kerusakan bearing di cyl, impression roll dan idle roll	7
4			Timbul gejala tidak lancar pada proses print	9
5		Hazing (warna kabur pada area tercetak)	<i>Poor Doctoring</i> (parutan <i>blade</i> pada <i>screen</i> tidak bisa rata)	3
6			Terlalu banyak akrilik pada <i>vinyl ink</i>	4
7			Hasil <i>chrome</i> pada <i>cylinder</i> kasar	10
8			Tinta terlalu kering tidak cukup untuk melumasi / melicinkan	2

9	<b>Warna</b>	Warna tidak standart	Viskositas & <i>Density</i> tinta tidak sesuai	5
10			Tampilan warna cetakan tidak sesuai (tipis)	3
11		Warna tidak teratur	Kelebihan <i>Pigmentation</i> pada tinta	4
12	<b>Garis</b>	Garis besar	Tinta kotor	3
13			Komposisi tinta tidak sesuai	2
14		Garis besar putus-putus	Setting <i>doctor blade</i> tidak sesuai	2
15			Setelan penempatan Pelampung salah	1
16			Keran tinta kotor	3
17		Garis kecil seperti rambut	Hasil print terdapat pola garis	3
18			Blade mudah aus	5
19			Kotoran mudah tersangkut	4
20		Garis cetakan <i>double</i>	Timbul pigmen di sepanjang <i>doctor blade</i>	3
21		Garis pada <i>background</i>	Keran tinta kotor	4

#### 6. *Detection (D)*

Menunjukkan **tingkat kemungkinan lolosnya penyebab kegagalan dari kontrol** yang sudah dipasang. Levelnya juga dari 1-10, dimana angka 1 menunjukkan kemungkinan untuk lewat dari kontrol (pasti terdeteksi) sangat kecil, dan 10 menunjukkan kemungkinan untuk lolos dari kontrol (tidak terdeteksi) adalah sangat besar.

Tabel 3. Skala *Detection*

<i>Rating</i>	<i>Detection</i>	Kemungkinan Deteksi Oleh Alat Pengontrol
10	<i>Absolute Uncertainty (AU)</i>	Tidak ada alat pengontrol yang mampu mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
9	<i>Very remote (VR)</i>	Sangat kecil kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
8	<i>Remote (R)</i>	Kecil kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya
7	<i>Very Low (VL)</i>	Sangat rendah kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan dan modus kegagalan berikutnya

6	<i>Low (L)</i>	Rendah kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan danodus kegagalan berikutnya
5	<i>Moderate (M)</i>	Sedang kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan danodus kegagalan berikutnya
4	<i>Moderate High (MH)</i>	Sangat sedang kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan danodus kegagalan berikutnya
3	<i>High (H)</i>	Tinggi kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan danodus kegagalan berikutnya
2	<i>Very High (VH)</i>	Sangat tinggi kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan danodus kegagalan berikutnya
1	<i>Almost Certain (AC)</i>	Hampir pasti kemampuan alat pengontrol mendeteksi penyebab kegagalan danodus kegagalan berikutnya.

Berilah **RATING** (dalam bentuk angka) untuk tingkat kemungkinan lolosnya penyebab kegagalan dari kontrol yang dipasang sesuai ketentuan skala **DETECTION**.

No	Fungsi Proses	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	<i>Rating (Detection)</i>
1	<b><i>Printing (Defect Miss Print)</i></b>	Komponen <i>cylinder</i>	Tention pada layer film tidak bisa stabil	1
2			Tekanan impression roll pada bagian cyl rendah	3
3			Kerusakan bearing di cyl, impression roll dan idle roll	4
4			Timbul gejala tidak lancar pada proses print	6
5		Hazing (warna kabur pada area tercetak)	<i>Poor Doctoring</i> (parutan <i>blade</i> pada <i>screen</i> tidak bisa rata)	2
6			Terlalu banyak akrilik pada <i>vinyl ink</i>	3
7			Hasil <i>chrome</i> pada <i>cylinder</i> kasar	4
8			Tinta terlalu kering tidak cukup untuk melumasi / melicinkan	2



9	<b>Warna</b>	Warna tidak standart	Viskositas & <i>Density</i> tinta tidak sesuai	2
10			Tampilan warna cetakan tidak sesuai (tipis)	1
11		Warna tidak teratur	Kelebihan <i>Pigmentation</i> pada tinta	3
12	<b>Garis</b>	Garis besar	Tinta kotor	3
13			Komposisi tinta tidak sesuai	3
14		Garis besar putus-putus	Setting <i>doctor blade</i> tidak sesuai	2
15			Setelan penempatan Pelampung salah	3
16			Keran tinta kotor	2
17		Garis kecil seperti rambut	Hasil print terdapat pola garis	2
18			Blade mudah aus	1
19			Kotoran mudah tersangkut	2
20		Garis cetakan <i>double</i>	Timbul pigmen di sepanjang <i>doctor blade</i>	2
21		Garis pada <i>background</i>	Keran tinta kotor	2

(halaman ini sengaja dikosongkan)

### Lampiran 5 : Tabel Konversi DPMO, Yield Conversion ke Cp

DPMO	Sigma Short Term ( $Z_{ST}$ )	Sigma Long Term ( $Z_{LT}$ )	Yield	Cp
2	6.00	4.50	99.999660	2.00
5	5.90	4.40	99.999540	1.97
9	5.80	4.30	99.999150	1.93
13	5.70	4.20	99.998700	1.90
21	5.60	4.10	99.997900	1.87
32	5.50	4.00	99.996800	1.83
48	5.40	3.90	99.995000	1.80
72	5.40	3.90	99.993000	1.77
108	5.20	3.70	99.989000	1.73
159	5.10	3.60	99.984000	1.70
233	5.00	3.50	99.980000	1.67
337	4.90	3.40	99.970000	1.63
483	4.80	3.30	99.950000	1.60
687	4.70	3.20	99.930000	1.57
968	4.60	3.10	99.900000	1.53
1,350	4.50	3.00	99.870000	1.50
1,866	4.40	2.90	99.810000	1.47
2,555	4.30	2.80	99.740000	1.43
3,467	4.20	2.70	99.650000	1.40
4,661	4.10	2.60	99.500000	1.37
6,210	4.00	2.50	99.400000	1.33
8,198	3.90	2.40	99.200000	1.30
10,724	3.80	2.30	98.900000	1.27
13,903	3.70	2.20	98.600000	1.23
17,864	3.60	2.10	98.200000	1.20
22,750	3.50	2.00	97.700000	1.17
28,716	3.40	1.90	97.100000	1.13
35,930	3.30	1.80	96.400000	1.10
44,565	3.20	1.70	95.500000	1.07
54,799	3.10	1.60	94.500000	1.03
66,807	3.00	1.50	93.300000	1.00
80,757	2.90	1.40	91.900000	0.97
96,801	2.80	1.30	90.300000	0.93
115,070	2.70	1.20	88.500000	0.90

(halaman ini sengaja dikosongkan)

**Lampiran 6 : Tabel Konversi DPMO ke nilai level sigma**

Hasil (%)	Sigma	DPMO	Hasil (%)	Sigma	DPMO	Hasil (%)	Sigma	DPMO
51,20	1,53	488.033	70,54	2,04	294.598	85,31	2,55	146.859
51,60	1,54	484.047	70,88	2,05	291.160	85,54	2,56	144.572
51,99	1,55	480.061	71,23	2,06	287.740	85,77	2,57	142.310
52,39	1,56	476.078	71,57	2,07	284.339	85,99	2,58	140.071
52,79	1,57	472.097	71,90	2,08	280.957	86,21	2,59	137.857
53,19	1,58	468.119	72,24	2,09	277.595	86,43	2,60	135.666
53,59	1,59	464.144	72,57	2,10	274.253	86,65	2,61	133.500
53,98	1,60	460.172	72,91	2,11	270.931	86,86	2,62	131.357
54,38	1,61	456.205	73,24	2,12	267.629	87,08	2,63	129.238
54,78	1,62	452.242	73,57	2,13	264.347	87,29	2,64	127.143
55,17	1,63	448.283	73,89	2,14	261.086	87,49	2,65	125.072
55,57	1,64	444.330	74,22	2,15	257.846	87,70	2,66	123.024
55,96	1,65	440.382	74,54	2,16	254.627	87,90	2,67	121.001
56,36	1,66	436.441	74,86	2,17	251.429	88,10	2,68	119.000
56,75	1,67	432.505	75,17	2,18	248.252	88,30	2,69	117.023
57,14	1,68	428.576	75,49	2,19	245.097	88,49	2,70	115.070
57,53	1,69	424.655	75,80	2,20	241.964	88,69	2,71	113.140
57,93	1,70	420.740	76,11	2,21	238.852	88,88	2,72	111.233
58,32	1,71	416.834	76,42	2,22	235.762	89,07	2,73	109.349
58,71	1,72	412.936	76,73	2,23	232.695	89,25	2,74	107.488
59,10	1,73	409.046	77,04	2,24	229.650	89,44	2,75	105.650
59,48	1,74	405.165	77,34	2,25	226.627	89,62	2,76	103.835
59,87	1,75	401.294	77,64	2,26	223.627	89,80	2,77	102.042
60,26	1,76	397.432	77,94	2,27	220.650	89,97	2,78	100.273
60,64	1,77	393.580	78,23	2,28	217.695	90,15	2,79	98.525
61,03	1,78	389.739	78,52	2,29	214.764	90,32	2,80	96.801
61,41	1,79	385.908	78,81	2,30	211.855	90,49	2,81	95.098
61,79	1,80	382.089	79,10	2,31	208.970	90,66	2,82	93.418
62,17	1,81	378.281	79,39	2,32	206.108	90,82	2,83	91.759
62,55	1,82	374.484	79,67	2,33	203.269	90,99	2,84	90.123
62,93	1,83	370.700	79,95	2,34	200.454	91,15	2,85	88.508
63,31	1,84	366.928	80,23	2,35	197.662	91,31	2,86	86.915
63,68	1,85	363.169	80,51	2,36	194.894	91,47	2,87	85.344
64,06	1,86	359.424	80,79	2,37	192.150	91,62	2,88	83.793
64,43	1,87	355.691	81,06	2,38	189.430	91,77	2,89	82.264
64,80	1,88	351.973	81,33	2,39	186.733	91,92	2,90	80.757
65,17	1,89	348.268	81,59	2,40	184.060	92,07	2,91	79.270
65,54	1,90	344.578	81,86	2,41	181.411	92,22	2,92	77.804
65,91	1,91	340.903	82,12	2,42	178.786	92,36	2,93	76.359
66,28	1,92	337.243	82,38	2,43	176.186	92,51	2,94	74.934
66,64	1,93	333.598	82,64	2,44	173.609	92,65	2,95	73.529
67,00	1,94	329.969	82,89	2,45	171.056	92,79	2,96	72.145
67,36	1,95	326.355	83,15	2,46	168.528	92,92	2,97	70.781
67,72	1,96	322.758	83,40	2,47	166.023	93,06	2,98	69.437
68,08	1,97	319.178	83,65	2,48	163.543	93,19	2,99	68.112
68,44	1,98	315.614	83,89	2,49	161.087	93,32	3,00	66.807
68,79	1,99	312.067	84,13	2,50	158.655	93,45	3,01	65.522
69,15	2,00	308.538	84,38	2,51	156.248	93,57	3,02	64.256
69,50	2,01	305.026	84,61	2,52	153.864	93,70	3,03	63.008
69,85	2,02	301.532	84,85	2,53	151.505	93,82	3,04	61.780
70,19	2,03	298.056	85,08	2,54	149.170	93,94	3,05	60.571

Sumber : Gasperz, 2002

Hasil (%)	Sigma	DPMO	Hasil (%)	Sigma	DPMO	Hasil (%)	Sigma	DPMO
94,06	3,06	59.380	98,08	3,57	19.226	99,51	4,08	4.940
94,18	3,07	58.208	98,12	3,58	18.763	99,52	4,09	4.799
94,29	3,08	57.053	98,17	3,59	18.309	99,53	4,10	4.661
94,41	3,09	55.917	98,21	3,60	17.864	99,55	4,11	4.527
94,52	3,10	54.799	98,26	3,61	17.429	99,56	4,12	4.397
94,63	3,11	53.699	98,30	3,62	17.003	99,57	4,13	4.269
94,74	3,12	52.616	98,34	3,63	16.586	99,59	4,14	4.145
94,84	3,13	51.551	98,38	3,64	16.177	99,60	4,15	4.025
94,95	3,14	50.503	98,42	3,65	15.778	99,61	4,16	3.907
95,05	3,15	49.471	98,46	3,66	15.386	99,62	4,17	3.793
95,15	3,16	48.457	98,50	3,67	15.003	99,63	4,18	3.681
95,25	3,17	47.460	98,54	3,68	14.629	99,64	4,19	3.573
95,35	3,18	46.479	98,57	3,69	14.262	99,65	4,20	3.467
95,45	3,19	45.514	98,61	3,70	13.903	99,66	4,21	3.364
95,54	3,20	44.565	98,64	3,71	13.553	99,67	4,22	3.264
95,64	3,21	43.633	98,68	3,72	13.209	99,68	4,23	3.167
95,73	3,22	42.716	98,71	3,73	12.874	99,69	4,24	3.072
95,82	3,23	41.815	98,75	3,74	12.545	99,70	4,25	2.980
95,91	3,24	40.929	98,78	3,75	12.224	99,71	4,26	2.890
95,99	3,25	40.059	98,81	3,76	11.911	99,72	4,27	2.803
96,08	3,26	39.204	98,84	3,77	11.604	99,73	4,28	2.718
96,16	3,27	38.364	98,87	3,78	11.304	99,74	4,29	2.635
96,25	3,28	37.538	98,90	3,79	11.011	99,74	4,30	2.555
96,33	3,29	36.727	98,93	3,80	10.724	99,75	4,31	2.477
96,41	3,30	35.930	98,96	3,81	10.444	99,76	4,32	2.401
96,49	3,31	35.148	98,98	3,82	10.170	99,77	4,33	2.327
96,56	3,32	34.379	99,01	3,83	9.903	99,77	4,34	2.256
96,64	3,33	33.625	99,04	3,84	9.642	99,78	4,35	2.186
96,71	3,34	32.884	99,06	3,85	9.387	99,79	4,36	2.118
96,78	3,35	32.157	99,09	3,86	9.137	99,79	4,37	2.052
96,86	3,36	31.443	99,11	3,87	8.894	99,80	4,38	1.988
96,93	3,37	30.742	99,13	3,88	8.656	99,81	4,39	1.926
96,99	3,38	30.054	99,16	3,89	8.424	99,81	4,40	1.866
97,06	3,39	29.379	99,18	3,90	8.198	99,82	4,41	1.807
97,13	3,40	28.716	99,20	3,91	7.976	99,83	4,42	1.750
97,19	3,41	28.067	99,22	3,92	7.760	99,83	4,43	1.695
97,26	3,42	27.429	99,25	3,93	7.549	99,84	4,44	1.641
97,32	3,43	26.803	99,27	3,94	7.344	99,84	4,45	1.589
97,38	3,44	26.190	99,29	3,95	7.143	99,85	4,46	1.538
97,44	3,45	25.588	99,31	3,96	6.947	99,85	4,47	1.489
97,50	3,46	24.998	99,32	3,97	6.756	99,86	4,48	1.441
97,56	3,47	24.419	99,34	3,98	6.569	99,86	4,49	1.395
97,61	3,48	23.852	99,36	3,99	6.387	99,87	4,50	1.350
97,67	3,49	23.295	99,38	4,00	6.210	99,87	4,51	1.306
97,73	3,50	22.750	99,40	4,01	6.037	99,87	4,52	1.264
97,78	3,51	22.216	99,41	4,02	5.868	99,88	4,53	1.223
97,83	3,52	21.692	99,43	4,03	5.703	99,88	4,54	1.183
97,88	3,53	21.178	99,45	4,04	5.543	99,89	4,55	1.144
97,93	3,54	20.675	99,46	4,05	5.386	99,89	4,56	1.107
97,98	3,55	20.182	99,48	4,06	5.234	99,89	4,57	1.070
98,03	3,56	19.699	99,49	4,07	5.085	99,90	4,58	1.035



## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Sherva Rafsanjani, lahir pada Juli 1993 di Bangkalan. Penulis merupakan putra pertama dari Bapak Eddy Mulia dan Ibu Sri Cahyani. Penulis menempuh pendidikan mulai dari TK, SD di Bangkalan, Madura. Selanjutnya SMP sampai SMA di Bangkalan, Madura. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Program Strata-1 di Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya Malang angkatan 2011. Penulis aktif pada kegiatan Organisasi Kemahasiswaan di Universitas Brawijaya Malang maupun kegiatan Imakatan Mhasiswa Bangkalan di Universitas Bwijaya. Selain itu, penulis juga pernah menjadi Asisten Dosen di beberapa mata kuliah. Yang pada akhirnya penulis memutuskan untuk melanjutkan pendidikan ke jenjang Program Strata-2 di Jurusan Teknik Industri ITS pada Bidang Konsentrasi Manajemen Kualitas dan Manufaktur. Penulis resmi menjadi mahasiswa ITS pada Januari 2016 . Selama berkuliah di ITS penulis mendapatkan rekan yang saling support dan saling berbagi pengalaman, sehingga penulis memiliki banyak pengalaman dan pengetahuan baru bahkan eratnya pertemanan sangat terasa ketika berperang dengan tugas-tugas (khususnya selama masa penyelesaian tesis) dengan saling support dan saling bantu satu sama lain. Untuk informasi lebih lanjut dapat menghubungi penulis melalui email [shervarafsanjani@gmail.com](mailto:shervarafsanjani@gmail.com).